



**Facultad de Ingeniería
Ingeniería Industrial**

Tesis:

**“Mejora de la gestión del inventario de materiales en una
empresa metal mecánica dedicada a la fabricación de
estructuras y mantenimiento industrial, mediante el
modelo EOQ”**

**Christ Inmaculada Costillas Tamayo
Katerin Cristell Llica Chavez**

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Industrial

Asesor:
Ing. Rocío Del Carmen Zapana Espinoza

Arequipa – Perú
2021

DEDICATORIA

A nuestros queridos padres por apoyarnos en todo el proceso de formación universitaria siempre dándonos buenos consejos y la confianza depositada en nosotros.

De la misma manera a nuestros docentes que nos educaron y mostraron el profesionalismo en cada enseñanza brindada.

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a la familia por ser nuestros principales pilares para lograr este objetivo y de la misma forma a nuestras amistades más cercadas por siempre darnos ánimos:

RESUMEN

La presente tesis busca mejorar la gestión de inventarios de materiales de una empresa metal mecánica de la ciudad de Arequipa que se dedica a prestar servicios de fabricación y mantenimiento industrial a clientes en su mayoría mineras, utilizando el método Economic order quantityt (EOQ) o cantidad económica de pedido. El sector metal mecánica se ha visto creciente desde el año 2018, incluyendo la empresa de nuestro estudio, sin embargo, esta no tiene una gestión definida de ningún proceso y esto provoca deficiencias en el uso de recursos y el desgaste innecesario de activos, lo que se traduce en costos elevados de abastecimiento de materiales y costos de almacén.

Bajo este contexto, se propone mejorar la gestión de abastecimiento de materiales calculando un EOQ de cada material primordial que debe ser clasificado por el método ABC, para establecer un proceso de compras más eficiente y con menores costos. Los resultados de esta mejora se cuantifican con la reducción del costo de abastecimiento anual de hasta 65% en comparación con el costo anual de pedido del año 2019 y con la reducción del tiempo de abastecimiento en 2 horas y 50 minutos. Se logra también con la nueva distribución de las áreas del depósito, un recupero de 1.03 m² que están valorizados por su costo de oportunidad en S/100.63 al año.

Palabras clave: Gestión de inventario de materiales, metal mecánico, cantidad económica de pedido

ABSTRACT

This thesis seeks to improve the management of material inventories of a metal mechanical company in the city of Arequipa that is dedicated to providing manufacturing and industrial maintenance services to mostly mining customers, using the Economic order quantity (EOQ) method. The mechanical metal sector has been growing since 2018, including the company of our study, however, it does not have a definite management of any process and this causes deficiencies in the use of resources and unnecessary waste of assets, which translate into high material supply costs and warehouse costs.

Under this context, it is proposed to improve the management of material supply by calculating an EOQ of each primary material that must be classified by the ABC method, to establish a more efficient purchasing process with lower costs. The results of this improvement are quantified with the reduction of the annual supply cost of up to 65% compared to the annual order cost of the year 2019 and with the reduction of the supply time in 2 hours and 50 minutes. It is also achieved with the new distribution of the deposit areas, a recovery of 1.03 m² that are valued for their opportunity cost in S / 100.63.

Keywords: Materials inventory management, mechanical metal, Economic order quantity

ÍNDICE

RESUMEN.....	iv
ABSTRACT	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
INTRODUCCIÓN.....	xii
CAPITULO 1.....	1
GENERALIDADES	1
1.1. Título del tema.....	1
1.2. Planteamiento del Problema.....	1
1.3. Pregunta de Investigación	1
1.4. Objetivos	3
1.5. Justificación.....	3
1.6. Alcance	4
1.7. Limitaciones	4
CAPITULO 2.....	5
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	5
2.1. Estado del Arte.....	5
2.2. Marco Teórico	12
CAPITULO 3.....	19
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	19
3.1. Tipo y diseño de la Investigación.....	19
3.2. Método, técnicas e instrumentos a utilizar	20
3.3. Operacionalización de variables	21
CAPÍTULO 4.....	23
ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	23
4.1. Descripción de la Empresa.....	23
4.2. Descripción de la función logística.....	26
4.3. Análisis de la situación actual.....	33
CAPÍTULO 5.....	47
DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA	47
5.1. Etapa 1: Análisis de costos anuales de inventarios	54
5.2. Etapa 2: cálculo de la cantidad económica de pedido	58
5.3. Etapa 3: Diseño del proceso de gestión de inventario de materiales	78
5.4. Etapa 4: Mejoramiento de la distribución del almacén	83
CAPITULO 6.....	92
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	92
6.1. Evaluación de costos.....	92
6.2. Evaluación de la mejora del proceso de abastecimiento	93
CONCLUSIONES	96
RECOMENDACIONES.....	98
ANEXOS.....	99

BIBLIOGRAFÍA.....107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Técnicas e instrumentos	20
Tabla 2. Operacionalización.....	22
Tabla 3. Servicios que presta la empresa	24
Tabla 4. Lista de materiales	28
Tabla 5. Estanterías de la empresa	31
Tabla 6. Costo por orden de pedido.....	34
Tabla 7. Materiales dañados y su costo de almacén.....	40
Tabla 8. Artículos innecesarios que ocupan espacio en el almacén.....	41
Tabla 9. Causas raíz relevantes	46
Tabla 10 . Proyección de la demanda de materiales consumibles	49
Tabla 11. Clasificación ABC de los materiales consumibles	52
Tabla 12. Costos por orden de pedido	54
Tabla 13. Costos de logística.....	56
Tabla 14. Materiales críticos	58
Tabla 15. Cantidad de pedido de materiales optimo	60
Tabla 16. Punto de reorden de materiales	61
Tabla 17. Nivel medio de stock y TBO de materiales críticos.....	64
Tabla 18. Gestión de abastecimiento de materiales críticos	77
Tabla 19. Espacio requerido para los materiales según su nivel medio de stock	83
Tabla 20. Capacidad total de estanterías (m ²)	85
Tabla 21. Codificación y ubicación de materiales en estanterías	87
Tabla 22. Costo por orden de pedido antes de la propuesta	92
Tabla 23. Costo por orden de pedido después de la propuesta	92
Tabla 24. Comparación de la actual y la propuesta gestión de inventarios	93
Tabla 25. Costo por orden de pedido actual y propuesto	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cantidad económica del pedido	14
Figura 2. Representación de una clasificación ABC	16
Figura 3. Metodología	21
Figura 4. Localización de la empresa.....	23
Figura 5. Organigrama de la empresa de metal mecánica	26
Figura 6. Diagrama de análisis del proceso de abastecimiento de materiales	27
Figura 7. Distribución de estanterías.....	30
Figura 8. Layout de planta	32
Figura 9. Rotación de personal operario	34
Figura 10. Estanterías mal ubicadas.....	35
Figura 11. Inventario posicionado a la altura del suelo.....	36
Figura 12. Ambiente no apto para salvaguardar inventario	37
Figura 13. Inventario desordenado	38
Figura 14. Tuercas y tornillos mal acomodados en botellas cortadas	39
Figura 15. Piedra moledora de banco	40
Figura 16. Materiales innecesarios ocupando lugar en las estanterías	41
Figura 17. Diagrama de Ishikawa de la gestión de inventario de materiales de la empresa de metal mecánica	44
Figura 18. Causas raíz que más se repiten en el análisis del problema de gestión de inventario de la empresa.....	45
Figura 19. Etapas de la propuesta	54
Figura 20. Distribución de probabilidad del EOQ de Alambre para soldadura 1.8 (rollo de alambre por 5 kg sin gas - mig).....	65
Figura 21. Probabilidad que el EOQ de Alambre para soldadura 1.8 (rollo de alambre por 5 kg sin gas - mig) sea 18.09	66
Figura 22. Distribución de probabilidad del punto de reorden de Alambre para soldadura 1.8 (rollo de alambre por 5 kg sin gas - mig)	66
Figura 23. Probabilidad de que el PR del Alambre para soldadura 1.8 (rollo de alambre por 5 kg sin gas - mig) sea 3.16 unidades.....	67
Figura 24. Distribución de probabilidad del EOQ de Alambre para soldadura 1.2	67
Figura 25. Probabilidad que el EOQ de Alambre para soldadura 1.2 sea 18.81.....	68
Figura 26. Distribución de probabilidad del punto de reorden de Alambre para soldadura 1.2	68
Figura 27. Probabilidad de que el PR del Alambre para soldadura 1.2 sea 3.28 unidades	69
Figura 28. Distribución de probabilidad del EOQ de Alambre para soldadura 1.6	70
Figura 29. Probabilidad que el EOQ de Alambre para soldadura 1.6 sea 18.78.....	70
Figura 30. Distribución de probabilidad del punto de reorden de Alambre para soldadura 1.6	71
Figura 31 Probabilidad de que el PR del Alambre para soldadura 1.6 sea 3.28 unidades	71
Figura 32. Distribución de probabilidad del EOQ de Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Dewalt	72

Figura 33. Probabilidad que el EOQ de Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Dewalt sea 24.56	73
Figura 34. Distribución de probabilidad del punto de reorden de Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Dewalt.....	73
Figura 35. Probabilidad de que el PR del Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Dewalt sea 2.47 unidades.....	74
Figura 36. Distribución de probabilidad del EOQ de Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Norton.....	74
Figura 37. Probabilidad que el EOQ de Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Norton sea 24.56	75
Figura 38. Distribución de probabilidad del punto de reorden de Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Norton.....	76
Figura 39. Probabilidad de que el PR del Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Norton sea 2.47 unidades.....	76
Figura 40. Proceso de abastecimiento de materiales mejorado	80
Figura 41. Proceso de almacenamiento de materiales mejorado.....	81
Figura 42. Distribución y etiquetas de estanterías en el almacén.....	85
Figura 43. Disposición de materiales en estantería M.1	89
Figura 44. Disposición de materiales en estantería M.2.....	90
Figura 45. Disposición de materiales en estantería M.3.....	90
Figura 46. Diagrama de análisis del proceso de abastecimiento propuesto	94

INTRODUCCIÓN

El sector metal mecánica en la ciudad de Arequipa tuvo un crecimiento de un 48% durante el año 2018 en comparación a años pasados, esto gracias al buen desempeño de la minería y los proyectos de inversión que se estuvieron dando durante el año, generando mayores oportunidades de crecimiento en el rubro [1]

Gracias a este crecimiento, también las microempresas del sector han podido establecerse y crecer, esto incluye la empresa metal mecánica de nuestro interés, cuya demanda por servicios creció de 1 a 5 pedidos por mes, en los dos últimos años.

Este tipo de crecimiento conlleva a la necesidad de manejar los procesos de producción y activos con metodologías más específicas, lo que no ocurre con esta empresa metal mecánica, que en el transcurso de su crecimiento no supo manejar de manera eficiente sus activos, ya que desatendió la necesidad de tener herramientas para manejar grandes cantidades de información sobre procesos, inventario y otros aspectos que involucran directamente con la producción de la empresa y mediante esto que afectan a sus ingresos. La buena gestión de sus procesos e inventario hace que una empresa cree más valor por sus servicios, porque maneja de manera óptima sus recursos.

Teniendo en cuenta su importancia, se debe identificar aquellos problemas que ocasionan las fallas en la gestión de inventarios, la gestión de los procesos de producción y otros procesos administrativos como la gestión de compras de materiales y cualquier otro activo. En el capítulo 1, se identifica y describe el problema que presenta la empresa en cuanto a su manejo de inventario, la cual nos permitirá plantear los objetivos para brindar unas posibles soluciones al problema. Asimismo, justificar el estudio descrito.

En el capítulo 2, se levantará el estado del arte con tesis vinculadas al tema de investigación, seguidamente se procederá a conceptualizar términos relacionados a la gestión de inventarios.

En el capítulo 3, se hace una descripción de la metodología a emplear, la recolección de datos, técnicas y herramientas a utilizar.

En el capítulo 4, se analiza la situación actual de la problemática en la gestión de inventario de la empresa, empleando el diagrama de Ishikawa para identificar las posibles causas y puntos críticos. Para la recolección de datos, se utilizarán las herramientas: entrevista, observación y levantamiento de información de la empresa.

En el capítulo 5, se desarrollará la propuesta de mejora de la gestión de inventarios aplicando una política de compras con una cantidad económica de pedido y con la mejora del diseño de la distribución de los materiales, para llevar un mejor control de ellos y que estén en condiciones adecuadas.

Finalmente, en el capítulo 6, se discutirán los resultados obtenidos para elaborar en base a ellos las conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO 1

GENERALIDADES

1.1. Título del tema

“Mejora de la gestión del inventario de materiales en una empresa metal mecánica dedicada a la fabricación de estructuras y mantenimiento industrial, aplicando el modelo EOQ.”

1.2. Pregunta de Investigación

¿En qué medida la aplicación del modelo EOQ mejorará la gestión del inventario de materiales en empresa metal mecánica dedicada al mantenimiento y fabricación de estructuras?

1.3. Planteamiento del Problema

Uno de los sectores más relevantes de la economía peruana es el metal mecánico, ya que brinda el acceso a maquinarias, suministros y artículos utilizables a todos los sectores industriales incluyendo la minería. Representa un gran aporte a la economía del país, como en el año 2017, que representó 1.7% del PBI y fue el origen del 13.6% del valor agregado del sector manufactura. Asimismo, en el 2019 incremento su producción en 2.5% con respecto al año anterior. Como parte de la producción

nacional, sus actividades se ven comprometidas con el desarrollo de la población, sin embargo, existen diversos factores que pueden perjudicar a estas.

En Arequipa se concentran 6.2% de las pequeñas y medianas empresas de metal mecánica del Perú, si bien no es la mayoría de estas, ya que más del 50% se encuentran en Lima, estas representan un aporte significativo a la actividad minera que se realiza en esta región y como es de conocerse la minería es el sector que más ingresos aporta a la economía del país [2]

Por ello, una de estas empresas de metal mecánica, es objeto de estudio en esta investigación, en particular esta se dedica a la fabricación de estructuras para el sector industrial y minero, inició sus actividades desde el año 2012 en la ciudad de Arequipa. En sus inicios esta empresa no realizaba trabajos similares a los que actualmente hace, sus clientes más comunes eran locales, como municipalidades o talleres de metal mecánica más grandes. A partir del 2014, esta empresa consigue la homologación y se hace más conocida en el sector minero, lo cual significó el incremento de servicios de trabajo.

La empresa en cuestión ha tenido un incremento en sus ventas en los últimos 2 años, llegando a tener hasta 5 órdenes de trabajos mensuales, en comparación a los años anteriores que solo se tenía una orden de trabajo mensual. En la empresa pudo observarse también un crecimiento de los activos, como el inventario y herramientas para el área productiva, ya que antes solo contaba con escasamente una herramienta de cada tipo para cumplir con una determinada función, y ahora los trabajadores cuentan con hasta 4 máquinas del mismo tipo para que puedan elaborar más de un pedido a la vez.

Dicha empresa no labora bajo una adecuada gestión de inventarios, presentando problemas como: procesos de compras sin contar con un lote de pedido definido, ya que la labor de realizar el abastecimiento de los materiales es asumida por el gerente

de la empresa, en consecuencia, la empresa tiene sobrecostos de más de 3000 soles anuales.

Así mismo, se desconoce el stock disponible, no se lleva un adecuado control de entradas y salidas, no cuenta con una adecuada zonificación y ubicación de los materiales, lo que genera demoras por desabastecimiento de hasta 120 días.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General.

Mejorar la gestión de inventarios de la empresa metal mecánica dedicada a la fabricación y mantenimiento industrial aplicando el modelo EOQ.

1.4.2. Objetivos específicos.

- Diagnosticar la situación de la gestión de inventarios de la empresa
- Proponer el modelo EOQ para la gestión de inventario crítico hallado con el método ABC de la empresa
- Realizar la evaluación económica del modelo de gestión de inventarios propuesto.

1.5. Justificación

El presente proyecto, pretende brindar solución al problema que se presenta por una inadecuada gestión de sus inventarios, organizando los recursos que dispone para lograr una mejor gestión de inventarios con el eoq desarrollado, generando así ahorros en tiempo y dinero.

La propuesta de investigación realizará una mejora en la gestión de inventarios para la empresa, con la finalidad de agilizar y facilitar el control de los materiales para así cumplir con la demanda, lo cual permitirá a la empresa mejorar sus servicios y minimizar el tiempo de fabricación y mantenimiento.

Así mismo el implementar una mejora en la gestión de inventario, permitirá que el personal encargado del área tenga un conocimiento pleno de sus funciones, desempeñando mejor su función y beneficiando el flujo de entradas y salidas.

1.6. Alcance

El alcance del presente estudio considera la gestión del inventario de materiales necesarios para realizar el mantenimiento industrial y fabricación de estructuras metálicas de la empresa metal mecánica.

1.7. Limitaciones

- Para el presente estudio se tomará la documentación y registros de los años 2015 al 2019, ya que no se cuenta con registros anteriores sobre la gestión de inventarios que presenta la empresa.
- El limitado conocimiento técnico por parte del personal encargado del inventario de la empresa, dificulta el levantamiento de información.

CAPITULO 2

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Estado del Arte

Se presentan investigaciones precedentes de carácter internacional, nacional y local que aportan a la investigación

2.1.1. Internacional

Nail Gallardo [3] realizó una investigación sobre gestión de inventarios en una empresa dedicada a la venta de repuestos automotrices en Chile. El objetivo principal de su investigación es realizar. Después de aplicar en modelo ABC en base al volumen de ventas, se determina trabajar con 10 de 319 productos del grupo A, estos son mayormente aceites y kits de embrague. Se planteó el EOQ para cada producto en base a una demanda proyectada, asimismo, se hallan los puntos de reorden y costos totales de gestión. Para cada producto se reducen los costos de gestión en diferente cuantía, el rango va desde 0.001 a 14.6% en disminución de costos. El resultado total de mejora con la propuesta del EOQ es la disminución de costos de gestión anuales en 3,245,428 soles.

Guamantica [4] realizó un diseño del modelo de EOQ del inventario de la empresa General Motors en Ecuador, para ello, primero realizó un diagnóstico de la empresa sobre su planeación y control logístico sobre todo en el almacén, la herramienta que

utilizó para recolección de información es la entrevista. El EOQ se establece para un grupo selecto de productos seleccionados con el método ABC bajo el principio de Pareto. Para el grupo A se halló el EOQ y se redujeron los costos de inventario en 1,721,176.45 dólares al año.

Madariaga [5] realizó una investigación para optimizar la gestión de inventarios de la empresa Pinturas Barends, utilizando el modelo EOQ para sus productos más requeridos. La clasificación ABC que se aplicó ayudo a reconocer que 105 productos de los 3402 que son en total, pertenecen al grupo A y con ellos se trabajó el EOQ. Los resultados de la mejora fue la mejora de las ventas en un 5% y la disminución de costos de inventario en 66.71%.

Causado [6] realizó un modelo inventarios para control económico de pedidos en empresa comercializadora de alimentos en la ciudad de Santa María, con el propósito de reducir costos de inventario y aumentar el beneficio económico. Para hallar la muestra de productos más importantes optó por utilizar el método ABC encontrando 8 productos que se utilizan más para el proceso en razón de su consumo valorizado. Antes de hallar la cantidad óptima de pedido, halló la demanda de cada producto crítico con respecto a la demanda promedio de cada producto del año anterior a la investigación, con esto se halla el EOQ y se establecen costos logísticos, logrando reducir estos en 8% con respecto al año anterior.

Pereira [7] hizo una investigación aplicando el EOQ para empresas comercializadoras del distrito de Risaralda. Para esto hizo una evaluación de las empresas grandes y pequeñas, de las que se obtuvo un diagnóstico sobre la gestión de compras que tienen, concluyendo que las empresas grandes son las que tienen más interés en llevar una gestión de compras y las empresas pequeñas no, por ello, se plantea trabajar con las empresas pequeñas comerciales, para cada una de ellas se halla una cantidad óptima de pedido para sus productos críticos hallados con respecto al volumen de ventas. Se

logra una disminución de costos logísticos entre 10% y 13% en las empresas comerciales pequeñas

Carrillo [8] hizo una modelación de un sistema de inventarios multiproductos con descuentos incrementales para una empresa de manufactura dedicada a la fabricación de sábanas, batas, bolsas de aspiradoras, etc. denominada Adomex, para lo cual utiliza una clasificación ABC para reconocer los productos que tienen más valor en el ejercicio de las funciones de la empresa con respecto a su número de producción, encontrando que son 7 de 43 productos que se encuentran en el grupo A, para ellos se realiza un EOQ, concluyendo que con la propuesta implementada se reducen los costos logísticos en 33.33%

Lara [9] realizó una investigación sobre las estrategias de negociación para la optimización de utilidades con una metodología de compra en el Consorzio Macchine Utensili. Utilizó el modelo EOQ para desarrollar una gestión de compras con sus diferentes proveedores, para cada proveedor establece una cantidad de pedido en razón de la demanda requerida histórica, lo que le permite optimizar la disponibilidad de inventario para producción en 13%.

2.1.2. Nacional

Ávalos y López [10] aplicaron el modelo EOQ para una empresa constructora con el objetivo de reducir costos de inventario. El EOQ se utilizó para conocer la cantidad optima de productos que debería haber en almacén teniendo en cuenta la demanda anual, los costos de pedido y costos de mantenimiento. Para hacer el diagnóstico de la empresa utilizaron el diagrama de pescado, teniendo como problema principal los costos de inventarios elevados, encontrando que la causa raíz es la falta de un análisis de la cantidad económica de pedido. El método utilizado para extraer una muestra de los materiales del almacén fue el método de clasificación ABC para encontrar los materiales que más se requieren en almacén, de esta selección se escogieron 19 de los 66 materiales del almacén. Luego de ello, se pronosticó la demanda de los 19

materiales con una regresión lineal, para finalmente establecer el EOQ en estos. Los resultados fueron sobre los costos de gestión, logrando disminuir 9,025.68 soles de lo que se gastaba con la antigua gestión sin EOQ

Lescano y Narro [11] realizaron un sistema de gestión basado en el modelo EOQ para una Botica, con el propósito de mejorar la rentabilidad económica de la misma. Para ello hicieron un análisis situacional en un diagrama de flujo. Recogieron una muestra del total de medicamentos por analizar con el método de clasificación ABC y del grupo A hallado se tomó una muestra con la fórmula de muestreo para poblaciones finitas. La muestra se estableció en 26 medicamentos. Con estos medicamentos se estableció el EOQ, punto de reposición y stock de seguridad. El resultado logrado fue la disminución de los costos totales anuales en S/11,822.07, lo que representa un incremento en la rentabilidad de 30%.

Pérez y Rodríguez [12] realizaron una propuesta de plan de requerimiento de materiales en una empresa dedicada a la fabricación de asientos para la industria carrocería, con el objetivo de disminuir los costos de inventario en esta empresa. Para iniciar con su propuesta hicieron un diagnóstico, obteniendo datos mediante una entrevista y la observación. Se realizó un análisis con la data de la empresa concluyendo que debe realizarse una clasificación ABC de los materiales para formularles un EOQ, para ello, también debieron hallar su demanda futura con el método de regresión lineal. Los resultados de la aplicación del EOQ se perciben por la disminución de costos totales de inventario en S/42,667, que es el 20.87% de los costos por inventario que se tenían el año anterior a la investigación.

Barca y Gutiérrez [13] realizaron una investigación que trata sobre la propuesta de mejora de gestión de inventarios en un almacén Komatsu del proyecto especial Chavimochic. Tuvieron como objetivo principal determinar el impacto de su propuesta sobre los costos operativos de este proyecto especial. Para ello realizaron una revisión exhaustiva de la situación actual del almacén, hicieron un inventario completo de los

elementos que se encuentran en almacén y hallaron su costo de almacenamiento con respecto al espacio que ocupan en el almacén, asimismo, hallaron costos de pedido, logrando con la suma de estos costos, el total del costo de inventario de cada material. Aplicaron el método ABC para clasificar la importancia de cada material en razón del valor que generaron en el periodo anterior, hallando que 39 de ellos se encuentran en el grupo A. Para los materiales del grupo A hallaron una demanda proyectada con el método de suavizamiento exponencial y aplicaron el modelo EOQ para hallar la cantidad de pedido óptimo y el punto de reposición. Se logró la disminución de los costos de inventario, consiguiendo un ahorro de \$47,821.11 anual.

Lozada [14] realiza una investigación que tiene el objetivo principal el implementar políticas de gestión de inventarios en una empresa concesionaria automotriz. El problema nace de la incapacidad de la gestión para proveer a los clientes cada vez mayores con las autopartes o repuestos que requieren, malogrando la imagen de la empresa para clientes y para las marcas que vende. Realiza una clasificación ABC y FMS para categorizar los productos del almacén, el pronóstico de la demanda de los productos críticos se realiza con el método de promedio móvil y se hallan los costos de almacén. Con esta información se establece el EOQ para futuras gestiones. Los resultados de la mejora se hallaron con las ventas y los costos de compra de realizar el pedido propuesto con el EOQ comparado con costos anteriores, los beneficios fueron el incremento del margen de ganancias en 22% y un aumento del nivel de ventas de \$48,961.00

Bermejo [15] investigó la implementación de una Gestión de Inventarios en la empresa VMWARESIS S.A.C. empresa dedicada al rubro de seguridad electrónica, con el objetivo de mejorar la productividad de su almacén. Primero realizó un diagnóstico del almacén encontrando una mala gestión y control de sus inventarios dado que esta empresa no contaba con un lugar en específico para el almacenamiento de sus existencias, existía demora en el despacho de materiales y generaban demoras en la

producción, tampoco contaban con un control documentario de las salidas y entradas. Para lo cual, propuso una clasificación ABC de las existencias, con lo que identificó los productos críticos. Para ellos se aplica un EOQ que resulta en el aumento de la productividad de la planta de 12 a 25%.

Calderón [16] hizo una propuesta de mejora en la gestión de inventarios para el almacén de insumos de una empresa de consumo masivo. El problema principal de este estudio es la falta de un control adecuado de inventarios, ya que al momento de hacer el pedido de un lote para la producción de la empresa es evidente la falta de materia prima. Se aplica el EOQ y VMI para gestionar el pedido de los productos en inventario que se requieren más, para identificarlos se utilizó la clasificación ABC en razón de su participación en las ventas, estos productos resultan ser kiwifresh y gaseosas. Para estos productos se halla el EOQ y en general la autora propone una serie de mejoras de gestión como un mapa de procesos y la implementación de una etiquetadora automática para acortar el tiempo en el proceso de etiquetado. La evaluación económica de implementar sus mejoras propuestas resulta con un VAN de 45,030 soles y una TIR de 11%.

Servellon [17] hizo el diseño de un sistema de gestión de inventarios para una empresa distribuidora, con el propósito de reducir los costos logísticos. Para lo cual tomó datos de los años 2017 y 2018 sobre costos logísticos conociendo que estos fueron elevados tales como S/87,652.01 y S/104,630.26 respectivamente, se utilizó las técnicas de observación y entrevistas. Con el diagnóstico de la empresa se planteó a la vez un plan metodológico, en los que se incluían una clasificación de los productos en razón de su nivel de compras mensual para su posterior propuesta de EOQ. Los resultados logrados son la reducción de sus costos de pedido, costos de mantenimiento y costos de adquisición en un total de S/ 101,177.28, es decir, un 7.29% menos.

Villavicencio [18] realizó la implementación de una gestión de inventarios para mejorar el proceso de abastecimiento en la empresa R. Quiroga. Para ello, como en cualquier

investigación que requiere una mejora, hizo un diagnóstico de la empresa identificando los volúmenes de compra y la rotación de inventarios, así como, los costos que involucran. Para establecer la importancia de cada producto, realizó una clasificación ABC con su posterior gráfico de Pareto, con respecto a sus costos de inventario, el resultado indicó que 4.43% es decir, 7 de los productos absorben el 78% de la inversión. Por último, vio conveniente calcular un lote de pedido para cada producto del grupo A logrando la reducción de los costos asociados en cada uno de ellos. Debido a la diversidad de proveedores y diferentes costos logísticos, los resultados logrados son variados, los costos se reducen entre 10 y 25% para cada producto.

García y Moreno [19] realizaron determinaron una política óptima de inventario para la mejora del proceso de ventas en la empresa internacional de instrumental climatológico Enviroequip. En el diagnóstico situacional encontraron que la empresa no cuenta con un nivel de ventas optimo, debido a la pérdida de clientes. Utilizaron una clasificación ABC para los productos, encontrando que son 10 de ellos los que generan el 80% de los pedidos emitidos. Para estos 10 productos se realizó el modelo EOQ y se estimó que los resultados favorables para la empresa serían la reducción de los costos de pedido de cada ítem de la clasificación A, en un S/. 9,911.74 por lote.

2.1.3. Local

Pantoja [20] realizó una propuesta de un sistema logístico de planificación de inventarios para aprovisionamiento de una Empresa Comercial Agropecuaria. En esta empresa pudo observar un inadecuada planificación y control de inventarios. La autora se propone establecer los planes de compras teniendo en cuenta los productos de mayor y menor demanda utilizando el modelo ABC. Con este método halló que 45 de los 1070 productos conforman el grupo A, con respecto al consumo valorizado. Con estos artículos trabajó el cálculo de los lotes de pedido óptimos, consiguiendo así un ahorro de S/ 88,241.32 en costos logísticos.

Conclusión: como muestra la bibliografía presentada, existen diversas investigaciones respecto al mejoramiento de gestión de inventarios utilizando como herramienta el EOQ, sin embargo, todas ellas están enfocadas al sector comercial, donde hay un gran flujo de productos, demanda e inventario, pero no existe una investigación con el propósito de mejorar la gestión de inventarios de empresas que no son del sector comercial que tienen gran número de requerimiento de insumos debido a la naturaleza de su servicio, dejando un vacío en la gestión de estas empresas que provoca una mala gestión de sus recursos por incidir en gastos innecesarios, especialmente ocurre en empresas pequeñas o medianas que le dan menos importancia a la gestión. Por ello, esta investigación brinda un nuevo enfoque sobre la utilidad del eoq en la gestión de insumos y materiales dentro de un taller de metal mecánica, que utiliza gran variedad de insumos para realizar la tarea diaria de mantenimiento, construcción de estructuras, etc.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Gestión de Inventario

La gestión de inventarios comprende controlar, estructurar y planear el flujo de inventarios que posee una empresa.

Se refiere fundamentalmente al conjunto de materias primas, artículos listos y por procesar. Mucho dependerá del tipo de organización, ya que se diferencian mucho las que se encuentran en el rubro comercial de las que son de manufactura y las que brindan servicios [21]

Parte de la gestión de inventarios es el sistema de almacenaje que se utiliza para los materiales y demás, y el sistema con que se controla el requerimiento de inventario, por ello se presentan a continuación estos dos puntos con sus diferentes tipos.

2.2.1.1. Inventario

El inventario es un registro metódico y específico de los tangibles de una organización, estos tangibles lo conforman todos los activos de uso en la producción como material o materia prima y la serie de productos terminados que se comercian, dentro de las especificaciones se encuentra el valor comercial y el valor de compra [22].

Estos se realizan periódicamente con el fin único de tener el control regular de los materiales contables en los registros y saber con qué se cuenta, así también poder determinar si se tuvo pérdidas o beneficios.

Con el inventario se logra tener conciencia de las existencias y las que se requieren para hacer ordenes de pedido bien gestionadas [23]

2.2.2. Cantidad Económica de Pedido

Este es el modelo que se utiliza para mejorar la gestión de abastecimiento en esta investigación.

Es un método para ordenar la gestión de re abasto de cada producto individualmente, lo que sirve para gestionar mejor los inventarios y reducir los costos que involucra hacer la gestión de inventario [24]

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times C_0 \times D}{C_i}}$$

Donde:

EOQ: Cantidad económica del pedido

C₀: Costo por pedido

C_i: Costo anual de mantener un inventario

D: Demanda Anual, volumen de ventas

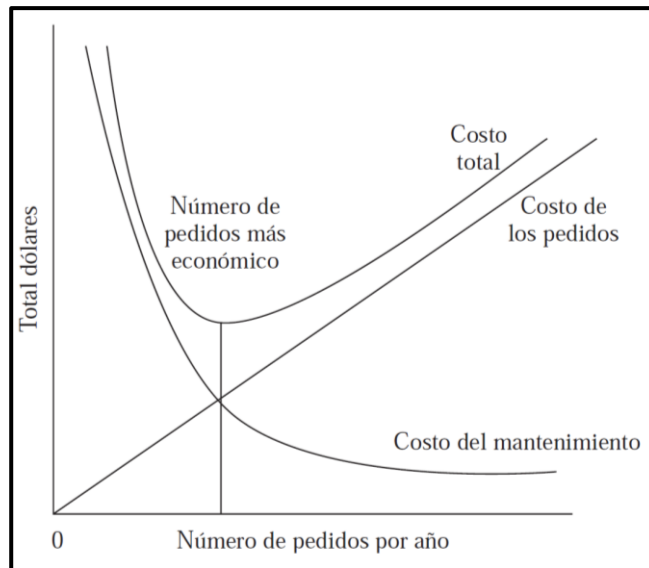


Figura 1. Cantidad económica del pedido

Fuente: Administración y logística en la cadena de suministro [24]

Junto al cálculo del EOQ, se realizan los cálculos del punto de reorden y el tiempo entre pedidos que completan la gestión de abastecimiento.

A. Cálculo del Punto de reorden

Es el número de artículos que quedan en almacén que indica que se requiere hacer reabastecimiento del producto [25]

$$ROP = (d \times t) + Ss$$

Donde:

d = demanda promedio

t= tiempo de entrega de la orden, o número de días hábiles necesarios para efectuar la entrega de una orden.

Ss= stock de seguridad

Dentro del punto de reorden, el stock de seguridad se halla con la siguiente fórmula

$$Ss = Dm \times Pr$$

Donde:

Ss: Stock de seguridad,

Dm: Demanda media

Pr: Días que se retrasa el suministro.

El stock de seguridad es la cantidad de artículos que se deben tener de un producto para cubrir la demanda del mismo producto durante el tiempo que dure la llegada del pedido [26].

B. Tiempo entre pedidos (TBO)

Se halla adicionalmente un tiempo entre pedidos (TBO) para cada material, con la fórmula

$$TBO = EOQ \times \frac{365}{D}$$

Donde:

TBO: tiempo entre pedidos

D: demanda

2.2.3. Clasificación ABC

Es una técnica que categoriza el inventario en tres tipos diferentes, basándose en el principio de Pareto, esta clasificación coloca cada material en una categoría (A, B o C) según su grado de importancia en los procesos de producción.

Esta técnica clasifica los materiales según su valor de venta, lo que permite manejar un control de los productos que tienen más importancia en el almacén [27]

Para clasificar el inventario con este método, se elige un aspecto que clasifique a los materiales, puede utilizarse el valor de venta, el valor de inventario, la cantidad que se consume del material u otro aspecto. Los que se colocan en el grupo A son los más importantes, los del grupo B, los medianamente importantes y los que se colocan en el grupo C son los componentes del inventario con menos importancia [28]



Figura 2. Representación de una clasificación ABC

El método ABC divide en grupos de importancia el total de objetos evaluados como muestra la figura. Con este análisis se diferencia que un porcentaje mínimo del total representa o tiene un 80% del valor total de las ventas, en la figura se observa que un 20% de los productos representan el 80% de las ventas anuales. De esta manera se hallarán los materiales críticos del almacén en razón de su demanda en las actividades de la empresa.

2.2.4. Suavización exponencial doble

Este método es el utilizado para la proyección de la demanda de cada material crítico. También llamado método de Holt, este método suaviza las fluctuaciones aleatorias de un patrón de demanda, que será utilizado para hallar un pronóstico de la demanda futura del año 2020 de los materiales a analizar, para este método se puede utilizar la siguiente fórmula para pronosticar la demanda del periodo t [29]

$$\widehat{X}_t = \widehat{X}_t + T_t$$

y la demanda pronosticada se suaviza con la siguiente fórmula

$$\widehat{X}_t = \alpha(\widehat{X}_{t-1}) + [(1 - \alpha)(\widehat{X}_{t-1} + T_{t-1})]$$

La tendencia se estima con la siguiente:

$$T_t = \beta(\hat{X}_t - \hat{X}_{t-1}) + [(1 - \beta)(T_{t-1})]$$

Donde:

\hat{X}_t	Pronóstico del periodo t
\hat{X}_{t-1}	Pronóstico del periodo t-1
\hat{X}_t	Suavización exponencial del periodo t
\hat{X}_{t-1}	Suavización exponencial del periodo t-1
T_t	Tendencia del periodo t
T_{t-1}	Tendencia del periodo t-1
α	Coeficiente de suavización
β	Coeficiente de suavización de suavización para la tendencia

2.2.5. Hipercubo latino

Este modelo es el utilizado para realizar la simulación que identifica la probabilidad de que los EOQ y puntos de re orden hallados sean acertados.

Es un modelo de simulación para el análisis cuantitativo de los riesgos, a partir de las distribuciones de probabilidad elegidas para las variables que afectan el pronóstico final

Los valores de la simulación son tomados aleatoriamente de las distribuciones de probabilidad, si ocurre que el número de iteraciones es suficiente para la simulación, sucederá que, los valores estadísticos de la distribución de probabilidad de los valores obtenidos por muestreo se aproximarán a los valores originales de los estadísticos de la distribución original [30]

2.2.6. Diagrama de causa-efecto

Es una herramienta que ayuda a definir y enmarcar las causas de un problema teniendo en cuenta todos los rubros que afectan o influyen en el problema.

Esta herramienta considera los siguientes aspectos [31]:

- Máquina: este factor evalúa el funcionamiento de todas las máquinas que se utilizan en el proceso. Con el análisis resaltan las fallas físicas, el número innecesario de máquinas y otros aspectos que generan perjuicio al proceso de producción.
- Método: este factor se refiere al análisis del modo en el que se están manejando los procesos.
- Materiales: se evalúan a los materiales que ingresan en el proceso
- Mano de obra: se evalúa la capacidad, el conocimiento, el número, la falta de personal que intervienen en las actividades, etc.
- Medio ambiente: se evalúa el entorno físico donde se lleva a cabo las actividades de producción, se enfoca el análisis al espacio, orden, limpieza adecuada iluminación y otras características del ambiente que pueden perjudicar a las actividades que allí se realizan.
- Medición: se evalúan las medidas que se toman para el control de las actividades o inventario. [32]

CAPITULO 3

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo y diseño de la Investigación

3.1.1. Clasificación de la investigación

Según el objetivo de la investigación, esta es aplicada, ya que se basa en determinar las deficiencias de una empresa de metal mecánica específica y se presenta una propuesta de mejora, se aplica la teoría para el desarrollo de un diagnóstico real para la formulación de una propuesta.

Por el nivel de profundización esta investigación es exploratoria y explicativa, ya que realizamos trabajo de campo al recurrir a la empresa metal mecánica para adquirir los datos necesarios para su diagnóstico y posterior propuesta de mejora; y se considera explicativa porque se reconocen causas y efectos de un problema de deficiencia en gestión de inventarios.

Por los datos utilizados esta investigación es cualitativa y cuantitativa, ya que se buscan características visuales de la situación actual de la empresa, pero se toma en consideración la cuantificación de sus inventarios para procesarlos con ayuda de un software.

Por el grado de manipulación de datos es cuasi experimental, ya que para llegar a la conclusión de que existe una relación entre el costo de inventarios y la mala gestión de inventarios, se utilizan datos reales.

Por el método de inferencia es inductiva, ya que llega a conclusiones mediante la observación.

3.2. Método, técnicas e instrumentos a utilizar

• Recolección de información

Se aplicarán dos herramientas para recoger la información de la empresa, la primera es un listado de preguntas, para realizar una entrevista al gerente de la empresa y un checklist, para recoger información del inventario de la empresa. La tabla 1 resume estos instrumentos.

Tabla 1. Técnicas e instrumentos

Técnica	Instrumentos	Descripción
Entrevista	Guía de la entrevista y encuesta	En el proceso de recolección de datos se hará la entrevista al gerente de la empresa.
Observación	Checklist	Con el checklist se verificará el estado actual del inventario.

Elaboración propia

La entrevista se hará al gerente de la empresa porque es el que realiza las compras de los materiales y su gestión.

• Procesamiento de datos

La base de datos del inventario se procesará para establecer una rotación de inventarios y con esto hallar el EOQ, que servirá para mejorar la gestión de compras. Se hará una simulación en el software Crystal Ball para ver los resultados posibles, de la aplicación de esta propuesta.

La base de datos del inventario, también, se procesará para establecer una clasificación ABC, para que con ayuda de la información de los procesos se establezca una distribución adecuada de materiales, para reforzar la gestión de inventarios.

- **Utilización de herramientas teóricas para el análisis**

Se utilizará un diagrama de causa y efecto, para hallar los problemas principales de la empresa, analizar causas y consecuencias de la mala gestión de inventarios, y así, plantear una solución.

Entonces la metodología a seguir es como se muestra en la figura 3,

Primero se hará una formulación general del problema que se quiere tratar, después, se recogerá información de la empresa, mediante entrevista, observación y documentación. Luego se evaluarán estos datos, para concluir en un diagnóstico de las causas y efectos del problema, y con estos datos proponer mejoras que ayuden con la gestión de compras e inventarios, mejoras que se evaluarán con ayuda de un software y para finalizar se redactarán conclusiones de todo el proceso de investigación.

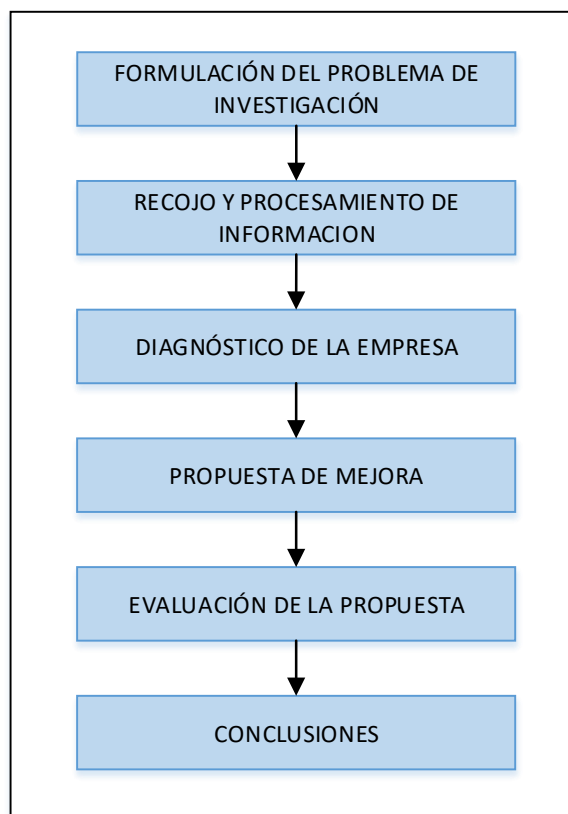


Figura 3. Metodología

3.3. Operacionalización de variables

Variable independiente

La variable independiente es el modelo de gestión del inventario en la empresa de metal mecánica. Si se varía este modelo a uno mejor definido, repartiendo recursos de manera más organizada se disminuirán los costos logísticos de la empresa.

Variable dependiente

La variable dependiente comprende los costos anuales de gestión de inventario de materiales, midiendo costos económicos, tiempo y horas hombre de los procesos de abastecimiento y almacenamiento de materiales.

Tabla 2. Operacionalización

Variable	Tipo de variable	Dimensión	Definición	Indicadores	Herramientas
Modelo de gestión del Inventario de Materiales	Independiente	Modelo de gestión del inventario de materiales.	El modelo de planificación de inventarios tiene un impacto medible sobre la variable costo anual logístico	Lote económico de pedido	Modelo EOQ
					Clasificación ABC
Costo total de inventario	Dependiente	Costo total de inventario	Es aquel costo que está relacionados con el almacenamiento, aprovisionamiento y mantenimiento del inventario en determinado período de tiempo.	Costo de compra	Documentos de control de inventarios y DAP
				Costo por orden de pedido	
				Costo de mantener en inventario	
				Tiempo de procesos	

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.1. Descripción de la Empresa

La empresa metal mecánica se dedica a la ingeniería de fabricación y servicios generales.

Empezó sus funciones el 27 de junio del 2012 registrada como una sociedad anónima cerrada. La empresa se encuentra ubicada en Semi Rural Pachacútec, Arequipa.

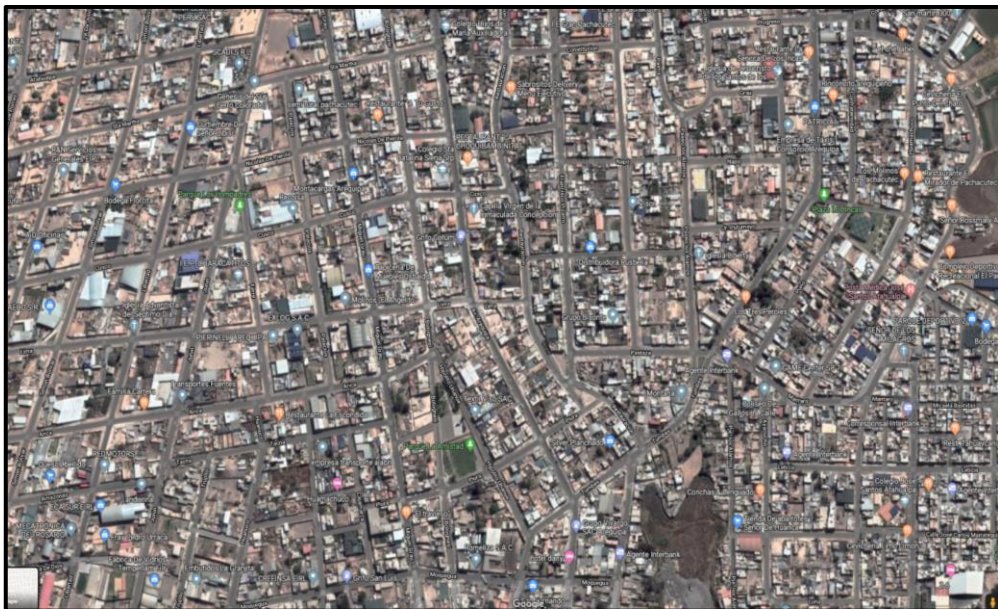


Figura 4. Localización de la empresa

Tiene como principal función la fabricación de estructuras metálicas y mantenimiento industrial. Algunos de sus clientes más resaltantes son:

- Minera Cerro verde

- Gloria
- Minera Constanza
- Minera las Bambas

4.1.1. Servicios que brinda

La empresa tiene como actividad principal el mantenimiento industrial y fabricación de estructuras metálicas, los cuales se pueden ver resumidos en la tabla 3.

Tabla 3. Servicios que presta la empresa

Servicios	Descripción de los servicios
Mantenimiento Industrial	Consiste en diagnosticar, mantener y reparar equipos y estructuras industriales. Como por ejemplo la recuperación de geometría, recuperación de alojamientos, mantenimiento de manifold entre otros.
Fabricación de Estructuras Metálicas	Consiste en la transformación y fabricación de estructuras o piezas metálicas, mediante herramientas y equipos especiales para el trabajo, como escaleras industriales, spool's de distintos diámetros, bujes, espárragos, placas de chute, cajas metálicas, anillos trunión, entre otros.

Fuente: Elaboración propia en base a información proporcionada por la empresa

4.1.2. Estructura organizacional

La empresa tiene la siguiente estructura organizacional:

- **Gerencia General:** se encarga de cumplir y hacer cumplir las disposiciones de los accionistas. Representa a la organización ante aspectos comerciales, jurídicos y administrativas. Establece, coordina y desarrolla las funciones del personal de la empresa y a la vez es el responsable de organizar el régimen interno de la empresa, nombra, cesa, fija sueldos y comisiones. Por otro lado, también se

encarga de algunas funciones del área logística de la empresa, es decir, se encarga del abastecimiento de materiales para los nuevos pedidos.

- **Asesor Legal:** se encarga de los documentos legales de la empresa.
- **Contador:** Se encarga la parte contable de la empresa y a la vez quien vela por la parte legal brindando la ayuda e información posible. Contabiliza los comprobantes, compras y ventas, ingresos y egresos, de igual manera los balances y los reportes financieros anuales.
- **Administración:** Personal responsable de brindar los recursos necesarios para el adecuado funcionamiento y desarrollo de la empresa, conduce los procesos de administración de recursos humanos, de los recursos materiales de oficina y económicos, así como la parte comercial y ventas, implementado la cartera de proveedores, aspectos de ejecución presupuestaria, financiera, contable, patrimonial y manejo de fondos de la organización.
- **SSOMA SIG:** Se encarga de velar por la seguridad de la persona implementado y haciendo cumplir el Sistema Integrado de Gestión mediante el permanente seguimiento y control de la gestión.
- **Ingeniería y QC:** Se encarga de determinar las necesidades de desarrollo en el área de calidad, diseñar e implementar sistemas de control estadístico de procesos, diseñar e implementar el sistema de calidad.
- **Operaciones:** Responsable de realizar el programa o cronograma general de producción de los trabajos. Dirige y controla las actividades de producción de acuerdo con el programa de producción de la empresa.

En la siguiente figura 5 se muestra el organigrama de la empresa.

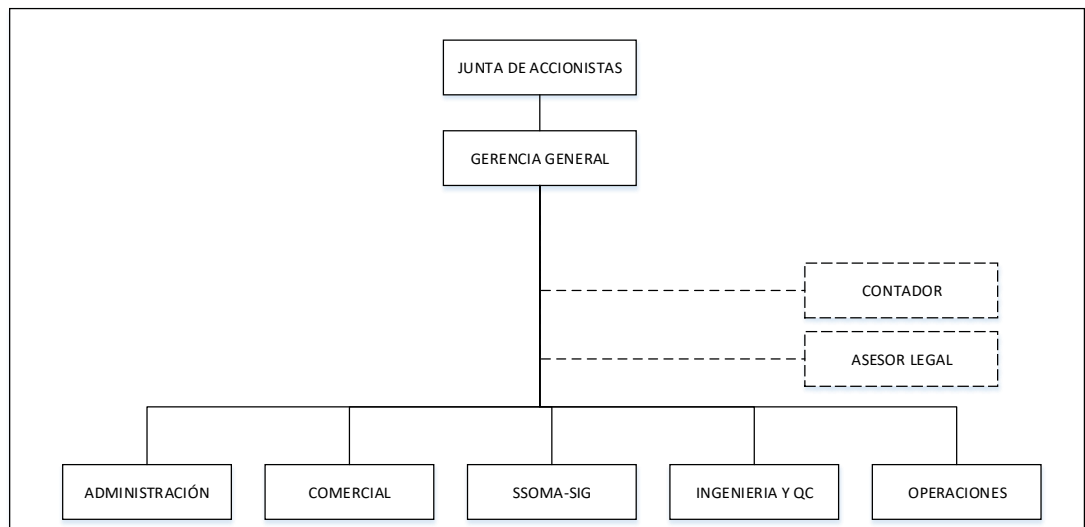


Figura 5. Organigrama de la empresa de metal mecánica
Fuente: La empresa

4.2. Descripción de la función logística

La presente tesis se centra en el análisis de la función logística, en específico del proceso de abastecimiento de la empresa metal mecánica, por ello nos enfocaremos en describir esta función en particular. Cabe indicar que no existe un área de logística y por lo tanto no se realizan las funciones que le corresponden como, funciones de inventario, procesos operativos en el almacén, transporte de materiales, localización de materiales y otros relacionados a la gestión de inventarios, ya que no está bien definida.

La empresa cuenta con la función de abastecimiento de inventario de herramientas, maquinarias y materiales, siendo este último nuestro objeto de estudio, por lo que se presentan en los siguientes puntos, el proceso de abastecimiento de materiales y el proceso de almacenamiento de estos.

4.2.1. Proceso de abastecimiento de materiales

Para el abastecimiento de materiales se procede de la siguiente manera.

El gerente, una vez hecha la recepción del pedido de sus clientes, comunica éste a sus operarios y estos le indican verbalmente lo que requerirán sin tener en cuenta lo que ya está almacenado en las estanterías que se encuentran en el área de operaciones que simulan un almacén, luego, el gerente va con ese requerimiento a

centros comerciales, donde cotiza el precio de los materiales y compra los que le parecen más convenientes, transporta los materiales a la empresa, donde los operarios los descargan en el área de operaciones y comienzan con la elaboración del pedido, sin embargo suele pasar que durante el proceso de elaboración, requieren de otros materiales y se tiene que volver a repetir la dinámica de pedido. Toda esta explicación se muestra en la figura 6 mediante un diagrama de análisis de operaciones con los respectivos agentes que se involucran,

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO									
Producto: Abastecimiento				Área: no designada				<ul style="list-style-type: none"> ● Transformación ➡ Transporte ■ Espera ■ Control ▼ Stock 	
Pieza: Ítems (variedades de suministro)				Fecha: 10/02/2020					
N°	Descripción	Símbolos					Datos		Observaciones
		●	➡	■	■	▼	Tiempo (horas)	Distancia (m)	
1	Recepción de pedido y formulación de requerimiento	●					0.17		
2	Desplazamiento al centro de abastecimiento		➡				1.00	8,800	Distancia desde la empresa hasta la tienda de los proveedores
3	Cotización de materiales	●					0.75		
4	Decisión de compra	●					0.08		
5	Acuerdo de compra con proveedores	●					0.17		
6	Retorno a la empresa		➡				1.00	8,800	Distancia desde el centro de proveedores hasta la empresa
7	Proveedores preparan el pedido de materiales			■			28.75		Los proveedores preparan los materiales del pedido de la empresa
8	Recepción de la confirmación de que el pedido esta listo	●					0.08		
9	Desplazamiento hacia los proveedores		➡				1.00	8,800	Distancia desde la empresa hasta la tienda de los proveedores
10	Verificación y pago de los materiales			■			0.50		max 24
11	Levantamiento de los materiales a la camioneta	●					0.50		max 24
12	Retorno a la empresa		➡				1.00	8,800	Distancia desde el centro de proveedores hasta la empresa
13	Descarga de materiales	●					1.00		
TOTAL		7	4	1	1	0	36.00	35,200	

Figura 6. Diagrama de análisis del proceso de abastecimiento de materiales

Fuente: elaboración propia en base a información proporcionada por la empresa

En el análisis del proceso de abastecimiento de materiales de la figura 6 se puede observar, cada operación que se realiza para que los materiales requeridos lleguen a la empresa. Se describe también el tiempo que toma hacer cada operación, y se toma en cuenta la espera de los proveedores para que obtengan todos los materiales que el gerente les solicitó, los cuales tienen una demora de más de 24 horas.

El total del tiempo de este análisis es el que se considera como lead time para nuestro planteamiento del EOQ.

Lo importante de este análisis es reconocer que no existe un plan de compras de los materiales, que solo cuando llega un pedido de servicio, el gerente recién plantea el requerimiento de materiales, algo que solo lo conversa con los operarios, sin utilizar ningún documento donde pueda estar anotado el requerimiento de materiales. A pesar de que el número de servicios que se hacen en promedio son 5 al mes, y que en cada servicio se utilizan relativamente los mismos materiales no se hace ningún plan de compras, a partir de esta situación es que se plantea un método de gestión de compras basado en el modelo EOQ, para que la empresa pueda tener los materiales requeridos en el instante que llega una orden de servicio.

Se presenta a continuación la lista de materiales que se utilizan en los procesos que se realizan en la empresa.

Tabla 4. Lista de materiales

MATERIALES CONSUMIBLES	PRECIO UNITARIO	COSTO DE ORDEN DE PEDIDO ANUAL	COSTO DE ÁREA DE ALMACÉN ANUAL
Alambre para soldadura 1.8 (rollo de alambre por 5 kg sin gas - mig)	110	487.18	36.72
Alambre para soldadura 1.2	90	506.57	36.72
Alambre para soldadura 1.6	80	505.63	36.72
Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Dewalt	4.7	381.82	12.24
Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Norton	4.69	381.82	12.24
Disco de desbaste de 7"x1/16"x7/8" Northon	4.11	233.64	12.24
Disco de desbaste de 7"x1/16"x7/8" Dewalt	3.62	233.64	12.24
Disco de desbaste de 4 1/2"x1/4"x7/8" Dewalt	3.65	349.55	3.60
Disco de desbaste de 7"x1/16"x7/8" Bosch	3.59	235.29	12.24

Electrodos para soldar Supercito E7018	14	66.37	12.24
Electrodos para soldar Cellocord E6011	13.92	66.37	12.24
Disco de desbaste de 7"x1/16"x7/8" Abralit	3.97	208.35	12.24
Disco de corte de 4 1/2"x0.04x7/8" Bosch (caja de 25 und 76.00)	3.04	250.60	3.60
Caretas para esmerilar	15	86.23	1.53
Discos de polifan de 7' pulg	21	34.11	12.24
Electrodos para soldar E7018 Bohler (paquete de 25 und)	16	37.36	12.24
Electrodos de carbón (arclair) paquete de 25 und	45	8.93	12.24
Esmalte epóxido	56	7.74	12.00
Electrodos para soldar Oerlikon Inox AW (lata 35 und)	32	17.20	12.24
Esmalte sintético	48	10.16	12.00
Micas oscuras de vidrio para careta de soldar 2"x4 1/4 shade #12	2.5	166.06	1.00
Micas oscuras de vidrio para careta de soldar 2"x4 1/4 shade #11	2.5	164.90	1.00
Micas oscuras de vidrio para careta de soldar 2"x4 1/4 shade #10	2.5	181.75	1.00
Disco de corte de 14"x7/64x1"Norton	14.9	25.13	24.48
Escobilla redonda metálica de 7"	7.9	28.68	6.12
Discos de polifan de 4 1/2 pulg(paquete de 10 und 130.00)	13	26.31	3.60
Disco de corte Dewalt 14"x3/32x1"	15.51	17.89	24.48
Chascosas metálicas de 7' pulg	7.29	35.53	4.08
Disco de corte de madera de 7/8"	15	11.71	12.24
Micas transparentes de vidrio para careta de soldar 2"x4 1/4"	1	170.84	1.00
Escobilla copa Twisted UYUSTOLS de 4"	4.43	35.29	2.40
Thinner	13.89	6.87	12.00
Cinta adhesiva doble cara extrafuerte 50 mm 2.5 metros	7.2	15.40	1.20
Cinta adhesiva doble cara extrafuerte 25 mm 2.5 metros	6.5	16.59	1.20
Escobilla metálica	4.23	18.17	2.40
Escobilla redonda metálica Twisted de 5" UYUSTOOLS	6.2	11.21	2.40
Tiza de calderero	0.6	150.79	1.40
Chascosas metálicas de 4'5 pulg	4.65	21.35	2.40
Piedra para molidora de banco	9	8.57	3.06
Lijas N100	1	53.42	0.75
Pulidor	2.34	19.66	1.40
Micas transparentes de plástico Coverlens-Clear MSA 791933	0.9	50.03	0.75
Lijas N60	0.8	53.42	0.75
Lijas N40	0.8	53.42	0.75
Lijas N80	0.8	53.20	0.75
Cinta de teflón	1.8	20.07	1.00

Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados por la empresa

La tabla 4 muestra los materiales que serán objeto de análisis.

4.2.2. Proceso de almacenamiento de materiales

Parte de la función de logística de los materiales, es el almacenamiento en el depósito de la empresa, esta actividad se puede describir brevemente, ya que no existe un área de almacén, por lo tanto, no hay personal encargado, ni procedimientos definidos.

No existe un proceso de almacenamiento definido, los trabajadores simplemente toman lo que necesitan del área de materiales acumulados, no hay registro de entradas o salidas, no hay ningún documento de por medio que registre lo que toman los operarios, quien lo saca de las estanterías, que cantidad o en qué fecha, Cuando se compra nuevo material, es traído por el gerente, quien hace la compra y es recibido por los operarios, quienes llevan al área de operaciones para utilizar lo que requieran en ese momento y si hubiera sobrantes los arrinconan de alguna manera en esta área que denominan almacén.

El espacio dentro de la empresa donde colocan los materiales actualmente es una habitación cerrada de 16m², donde se encuentran las estanterías, cuya distribución espacial se observa en la figura 7.

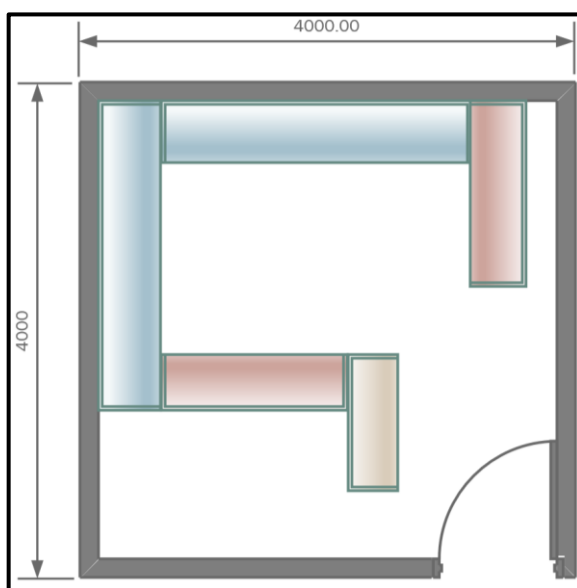


Figura 7. Distribución de estanterías

La figura 7 muestra la ubicación de las estanterías en el espacio que denomina almacén. Son 5 estanterías en total, las que tienen las siguientes dimensiones:

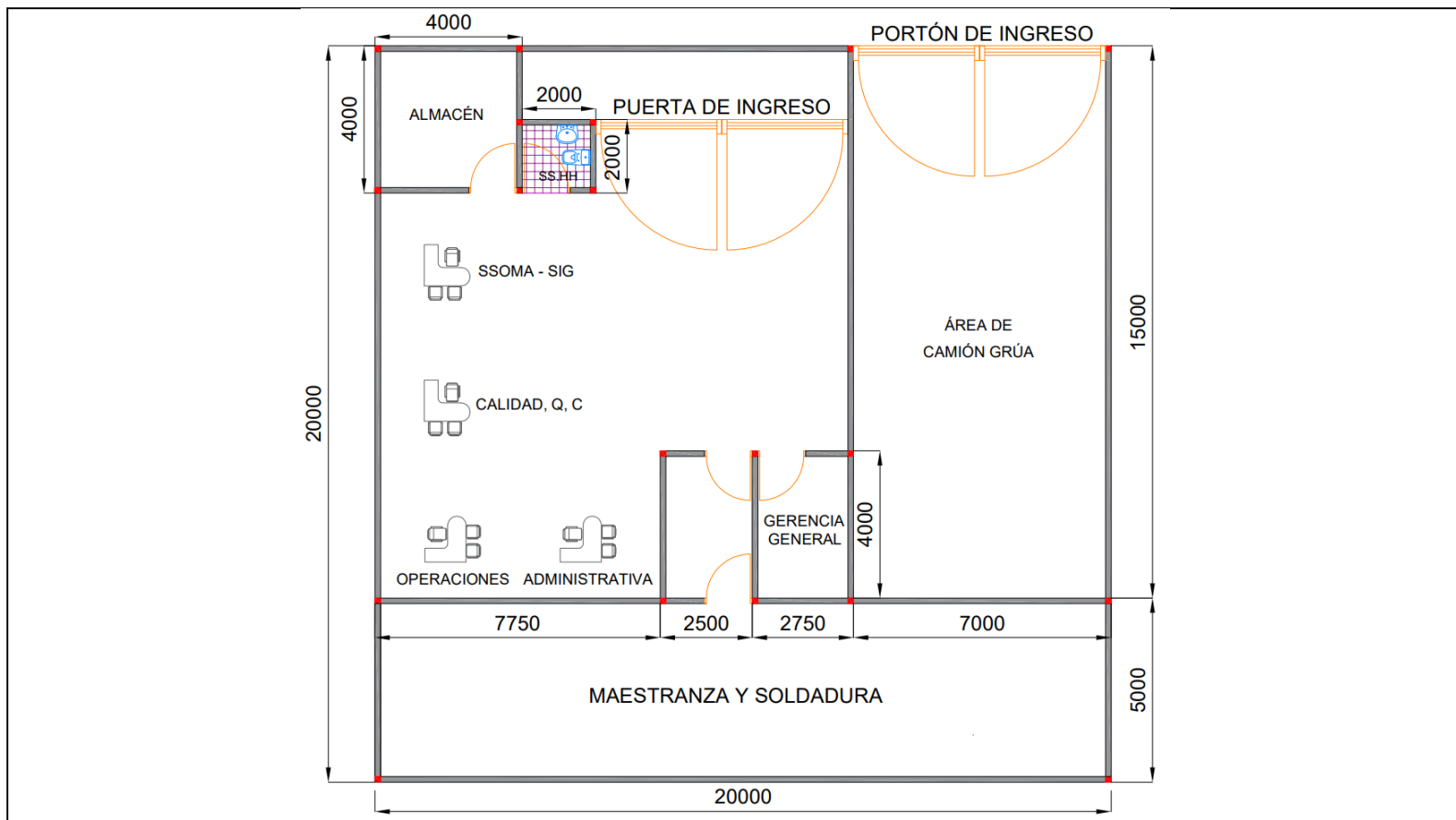
Tabla 5. Estanterías de la empresa

Cantidad	Dimensiones (m)		
	Altura	Largo	Ancho
2	2.00	2.50	0.50
2	2.00	1.50	0.45
1	2.00	1.10	0.40

Fuente: elaboración propia en base a datos proporcionados por la empresa

En estas estanterías están acomodados los materiales que son sobrantes de las compras, algunas herramientas y otros objetos que poco o nada tienen que ver con el servicio que presta la empresa.

Este espacio, se ubica en la esquina izquierda del frente de la empresa, cuya distribución de espacios, se observa en la figura 8, en la que observa un área administrativa de 143m², el área de operaciones donde se elaboran los pedidos con 100m² y el área donde se ubica la movilidad para traslados con 105m².



Layout de planta

	NOMBRE	FECHA	UTP - 2020			
DIBUJADO POR:	Costillas Tamayo Christ Llica Chávez Katerin Cristell		PLANO:	001		
REVISADO POR:			ESCALA:	1:200		
OBSERVACIONES:			PÁG:	1	PÁGS:	1-1

Figura 8. Layout de planta

Fuente: elaboración propia en base a datos proporcionados por la empresa

4.3. Análisis de la situación actual

Para llevar a cabo un análisis de las causas de la mala gestión de inventarios, se elabora un diagrama de Ishikawa (vea figura 17).

1. Mano de obra

La empresa no cuenta con personal capacitado y se debe a la falta de interés por contratar personal con experiencia. El gerente de la empresa no muestra interés por colocar personal capacitado en esta área de la planta, porque no lo considera necesario.

Por la misma falta de interés no destinan parte del presupuesto general para el área de almacén.

- **Alta rotación de personal**

Existe alta rotación de personal técnico debido a la baja remuneración, la cuál es el salario mínimo vital.

La rotación de personal constante perjudica a la empresa en el sentido de que no hay personal con experiencia que manipule bien las herramientas, y utilice bien los materiales, ya que cuando ingresa un nuevo empleado a la planta, se espera un mes aproximadamente para que se acostumbre al trabajo y entienda bien la organización de la empresa

En la figura 9, se muestra la cantidad de trabajadores que se han quedado un periodo determinado en la empresa, como operarios, desde el año 2016 hasta el 2019. Es decir, en los últimos cuatro años, ha habido 48 personas operando en los 2 puestos de mecánico y 3 puestos como asistente de taller. Hubo 16 personas que llegaron a trabajar solo 3 meses en la empresa, 16 personas que trabajaron entre tres meses y un año, de esa manera se observa la alta rotación de personal técnico.

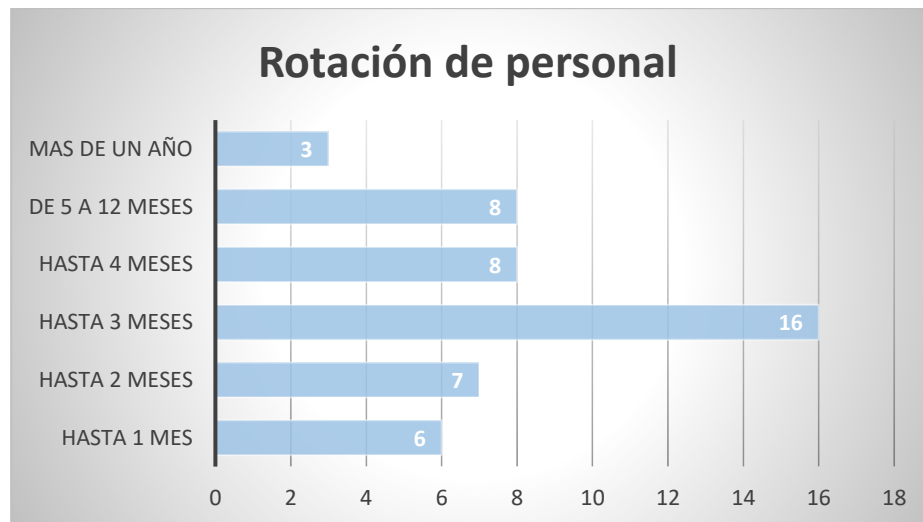


Figura 9. Rotación de personal operativo

Fuente: elaboración propia en base a datos proporcionados por la empresa

- Gerente de la empresa es quien realiza abastecimiento de materiales,

No designa esta función a algún personal específico. Esto debido a que la gerencia, acumula funciones que no le corresponden, porque prefiere hacerse cargo de las actividades que involucran salidas de dinero, y esto resulta en un costo más alto de abastecimiento, ya que las horas que le toman al gerente obtener los materiales, son horas remuneradas y su salario es mayor al de cualquier otro encargado. Para hallar la información sobre el costo de abastecimiento y hallar el sobregasto innecesario, se toma en cuenta la siguiente información.

Tabla 6. Costo por orden de pedido

Costo por orden de pedido (S/)	
Costo de movilidad total (S/)	36.92
Costo por horas hombre (S/)	55.16
Total	92.08

Fuente: elaboración propia en base a datos proporcionados por la empresa

La tabla 6 muestra lo que se incluye en el costo por cada orden de compra del cual se desglosan el costo por el combustible de la movilidad que se usa, este dato fue obtenido por la entrevista con el gerente; también debe incluirse la remuneración de la persona que se encarga de todo el proceso, ya que en este caso es el gerente y un

trabajador que se encargan de las tareas, el costo por sus horas remuneradas equivalente a 2400 y 930 soles al mes respectivamente.

2.- Máquina

La empresa no utiliza equipos de cómputo para el manejo de inventario, debido principalmente a que no destinan presupuesto para la adquisición de un equipo y porque desconocen la forma de manipular un software de inventarios.

3.- Medio Ambiente

El ambiente donde se encuentran localizados los materiales no está ordenado, ni bien distribuido por área y sus características no ayudan a conservar en buen estado los materiales

Las estanterías se encuentran mal ubicadas ya que se cubren entre sí en las esquinas, tal como se observa en la figura 10.



Figura 10. Estanterías mal ubicadas

La figura 10 muestra que dos estanterías se cubren entre ellas, haciendo más difícil de colocar o sacar los materiales que se ubiquen allí, lo que ocasiona a su vez que los operarios se demoren para hallar los materiales.

Otro problema común en el depósito de la empresa es el desorden, se plasma en la figura 11 que una pieza metálica mediana dificulta el paso a este espacio definido por las estanterías.

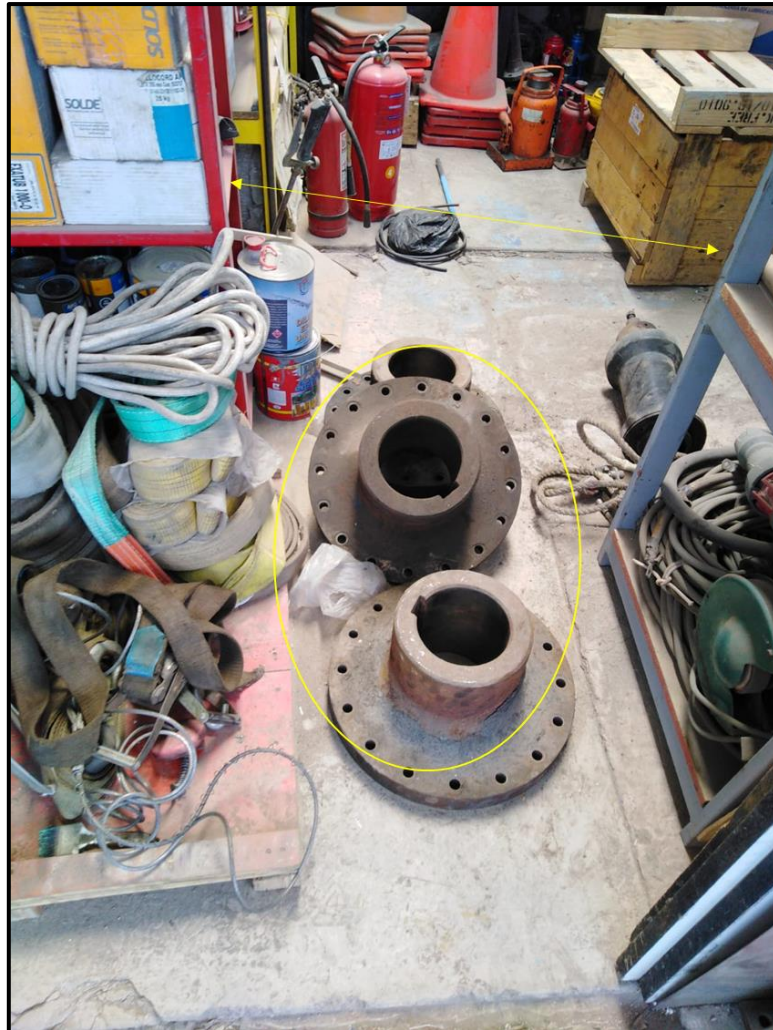


Figura 11. Inventario posicionado a la altura del suelo

La figura 11 muestra la falta de estanterías ya que se dejan los materiales en el suelo y se hace visible la falta de áreas destinadas para los materiales, ya que se observa que ubicaron estructuras metálicas en la entrada a las estanterías.

En la figura 12 se observa que el ambiente donde se encuentran los materiales no es apto para salvaguardarlos, por ser un área a donde fácilmente ingresa el polvo, las estanterías están un poco desgastadas y hay desorden porque incluso se observa una pelota de juegos en el área de materiales.



Figura 12. Ambiente no apto para salvaguardar inventario

4.- Materiales

La empresa no tiene un registro de entradas y salidas de materiales

Los procedimientos que se llevan a cabo para el ordenamiento de materiales no están definidos, los trabajadores toman los materiales tanto como creen que necesitarán en el momento que les parezca, no hay un procedimiento para recoger materiales de las estanterías.

Los materiales se acumulan de manera desordenada en un área desprotegida, y para la realización de pedidos, adquieren material nuevo sin tener en cuenta lo que ya tienen en las estanterías, y si hay sobrantes de un proceso, lo siguen acumulando y no lo registran.

Como se muestra, los materiales para la elaboración de un pedido se encuentran dispersados en lugares sin tener relación de uso, como un extintor cerca a los conos de seguridad y potes de mezcla de pintura, como la figura 13 muestra

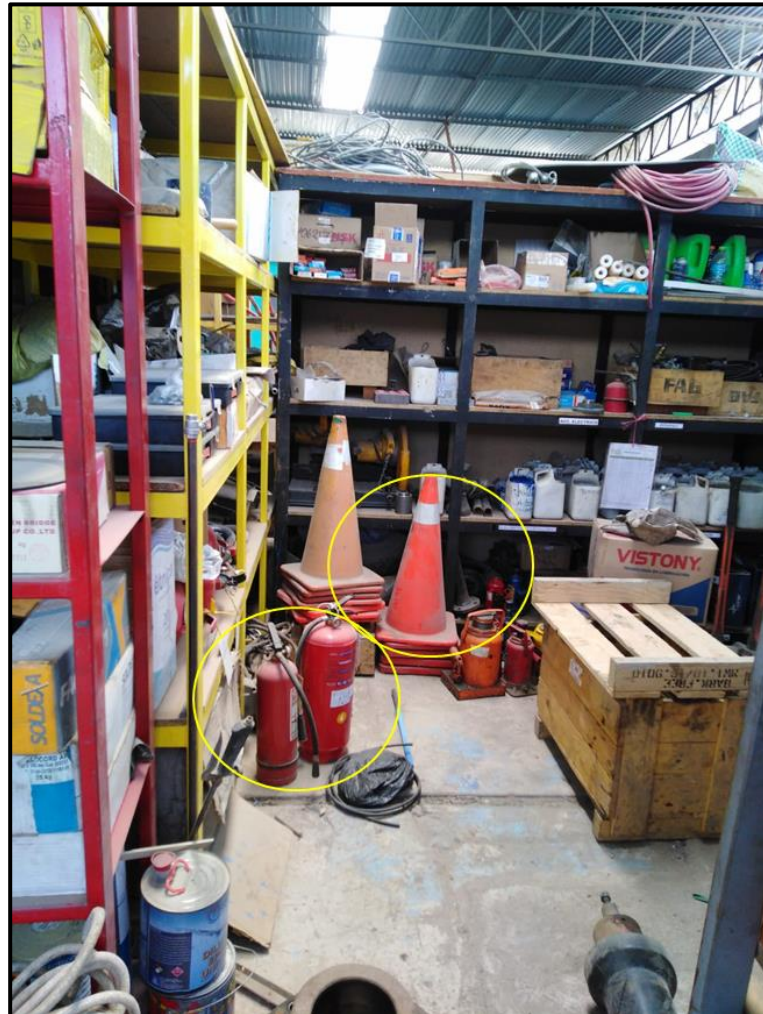


Figura 13. Inventario desordenado



Figura 14. Tuercas y tornillos mal acomodados en botellas cortadas

La figura 14 muestra envases de plástico cortados que simulan seleccionadores de tuercas y otros materiales pequeños, sin embargo, dentro de estos envases, los objetos no están bien separados, muchos de ellos se encuentran combinados con otros y algunos están vacíos, lo que provoca desorden y mal uso del espacio del almacén.

- **Materiales en mal estado**

Los materiales se encuentran en mal estado por la mala manipulación y ubicación en las estanterías, en la figura 15 se puede ver una piedra para la moladora de banco chancada, cuando lo normal es que se desgaste proporcionalmente con el uso.

Los materiales dañados en una revisión rápida se muestran en la siguiente tabla, con su respectivo costo de almacén, considerando el costo por m² de área es S/17.50.

Tabla 7. Materiales dañados y su costo de almacén

ARTÍCULO - REFERENCIA	UNIDAD	Área que ocupa cada material (m ²) (a)	Costo de área ocupada mensual (S/) (b)	Cantidad de Artículos dañados (c)	Costo por almacenar artículos dañados (S/) (a*b*c)
Alambre para soldadura 1.6 (rollo de alambre por 15 kg)	RLL	0.175	3.06	0.3	11.02
Electrodos para soldar Supercito E7018	CAJA	0.058	1.02	0.5	6.12
Electrodos para soldar Cellocord E6011	CAJA	0.058	1.02	0.15	1.84
Disco de corte de 4 1/2"x0.04x7/8" Bosch (caja de 25 und 76.00)	CAJA	0.017	0.30	0.2	0.72
Electrodos para soldar Oerlikon Inox AW (lata 35 und)	CAJA	0.058	1.02	0.2	2.45
Micas oscuras de vidrio para careta de soldar 2"x4 1/4 shade #10	CAJA	0.005	0.08	0.1	0.10
Thinner	LT	0.057	1.00	1	12.00
Escobilla metálica	UND	0.011	0.20	1	2.40
Lijas N100	UND	0.004	0.06	2	1.50
Lijas N80	UND	0.004	0.06	3	2.25
Total		0.74		8.45	40.39

Fuente: elaboración propia en base a datos proporcionados por la empresa



Figura 15. Piedra moledora de banco

- Objetos innecesarios ubicados en el área de depósito

Existe una gran cantidad de objetos que se encuentran en el área de las estanterías, son elementos inservibles tal como se observa en la figura 16.

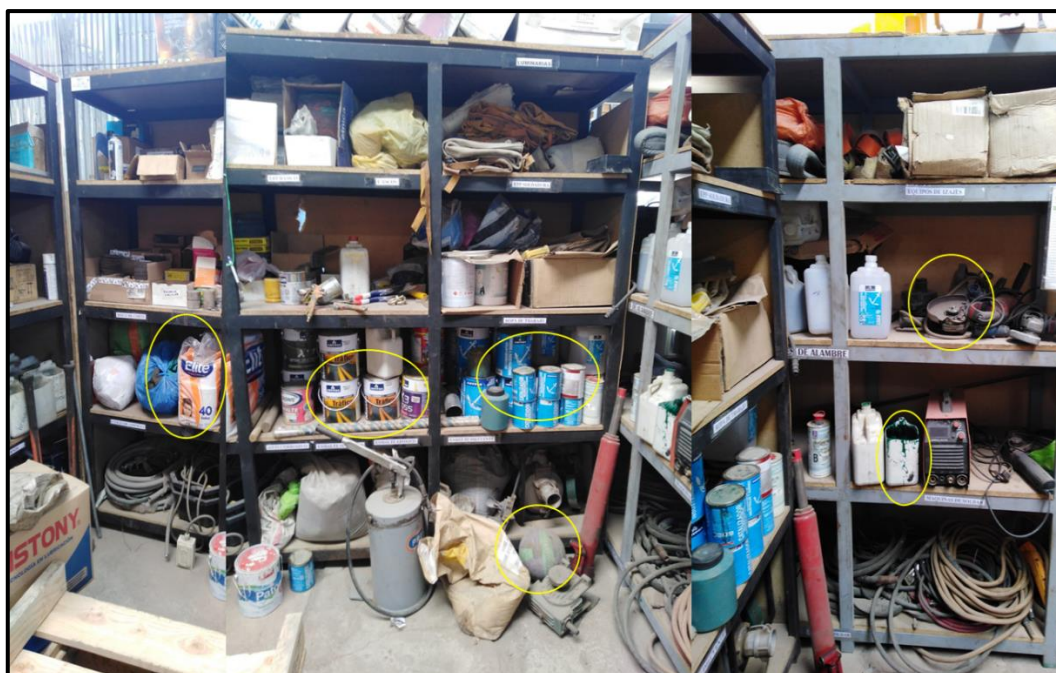


Figura 16. Materiales innecesarios ocupando lugar en las estanterías

La figura 16 muestra latas de esmalte vacíos, papel higiénico, que nada tiene que hacer en un área que se destina para materiales de un proceso de metal mecánica, una pelota de juego y algunos otros objetos que se encuentran ubicados en las estanterías ocupando un área innecesariamente, estos elementos generan los siguientes costos de almacén (vea tabla 8).

Tabla 8. Artículos innecesarios que ocupan espacio en el almacén

Artículo- referencia	Cantidad de artículos	Área que ocupan (m ²)	Costo de área que ocupan (S/)
Pelota de juegos	1	0.0002	0.05
Latas vacías de esmalte epóxido	2	0.1143	24.00
Latas vacías de esmalte disolvente	3	0.1714	36.00
Papel higiénico	1	0.0006	0.12
Esmeril malogrado	1	0.0003	0.06
Total		0.29	60.24

Fuente: elaboración propia en base a información brindada por la empresa

La tabla 8 muestra el área que ocupan en el depósito, estos elementos inservibles encontrados en una revisión

5.-Método

No existe método, simplemente se puede describir así, ya que no cuentan con procesos definidos para la transformación, elaboración y otros procesos que se realizan en el área de operaciones y sobre la gestión de compras.

Es decir, los requerimientos se transmiten de manera verbal, esta forma de realizar pedidos no es eficiente ya que ocasiona que se compren materiales de más o en caso contrario, ocasionan la falta de materiales y se debe ir a salir otra vez para a comprar más, ocasionando demoras.

La manera que el personal recibe y manipula el material es desordenado, ya que no hay registro de ello, y si no hay registro, no hay forma de saber que se requiere exactamente para un proceso en específico.

Por el desorden, se hace más difícil hallar los materiales que se requieren, sin una jerarquía de materiales por el grado de uso, los trabajadores se demoran más en saber dónde están ubicados los materiales y pierden tiempo en el proceso de encontrarlos, tiempo que se podría usar para seguir elaborando el pedido.

No hay programa de compras ya que el programa de compras directamente requiere un análisis del flujo de entrada y salida de material, el programa de compras podría definirse con data histórica de pedidos, costos y demás datos, sin embargo, como hasta ahora no se ha llevado a cabo ningún registro, es difícil crear un programa de compras

La planificación por parte del área de costos y presupuestos es ineficiente, no toman en cuenta que, planificar antes de comprar crea valor mediante el ahorro de materiales, tiempo y mano de obra. Mientras se compra sin planificar se pierde tiempo en hacer el pedido, evaluar lo que se necesita, se pierde también mano de obra, ya que mientras estén desocupados, generan costos innecesarios.

- Proceso de abastecimiento

La producción muchas veces se retrasa por la demora en el proceso de compras, como se plasmó en el diagrama de análisis del proceso de abastecimiento en la figura 6, el tiempo de demora para obtener los materiales demora más de un día, lo que ocasiona pérdida de tiempo y recursos. El hecho de que el gerente se traslade 4 horas también genera un gran costo.

La situación es peor cuando la necesidad de materiales es más amplia y los proveedores se demoran más de un día para obtenerlos.

Se incluye en las observaciones del DAP, la remuneración del gerente, ya que el proceso se encarece por las horas que se pagan al gerente por comprar los materiales, cuando podría designarse a otro personal que gane menos y así se consiga menor costos por personal.

6.- Medición

No hay control de inventarios, la empresa no sabe exactamente qué es lo que tiene y que es lo que necesita agregar para elaborar un pedido, puede caer en error de compra, y corre el riesgo de pérdidas de material, así como de mala utilización.

La empresa no tiene procesos de entradas y salida, no tiene formatos de control de inventarios, simplemente no hay formato de ninguna herramienta que ayude al control.

En conclusión, se puede recoger del diagrama de causa y efecto, que una de las principales causas de la mala gestión de inventarios es la falta de control del inventario y su falta de gestión de abastecimiento, por lo que la propuesta se basa en el mejoramiento de este, aplicando el método EOQ para los materiales críticos, los que significan mayor costo de abastecimiento y los que se requieren con mayor frecuencia.

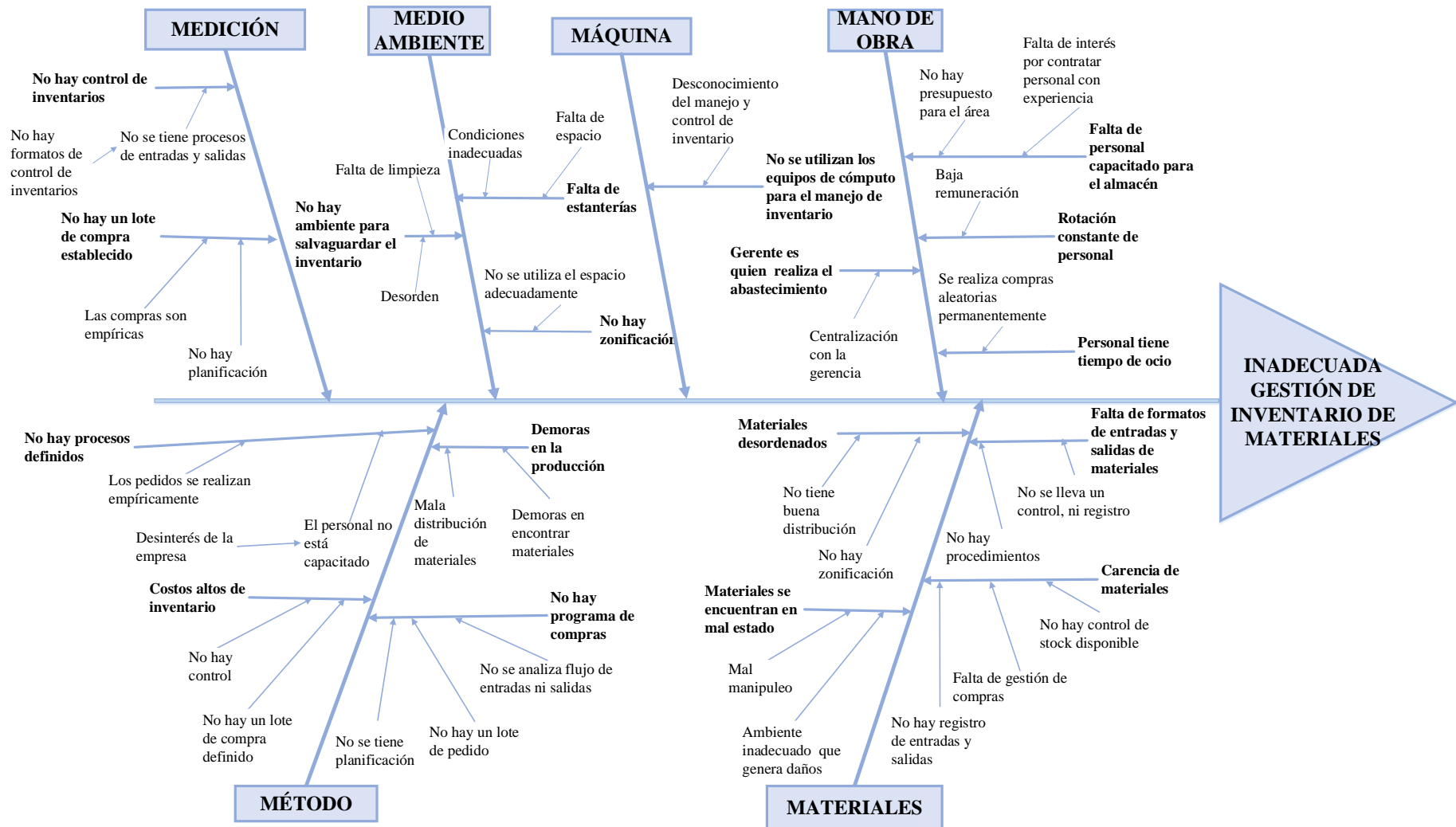


Figura 17. Diagrama de Ishikawa de la gestión de inventario de materiales de la empresa de metal mecánica
Fuente: elaboración propia

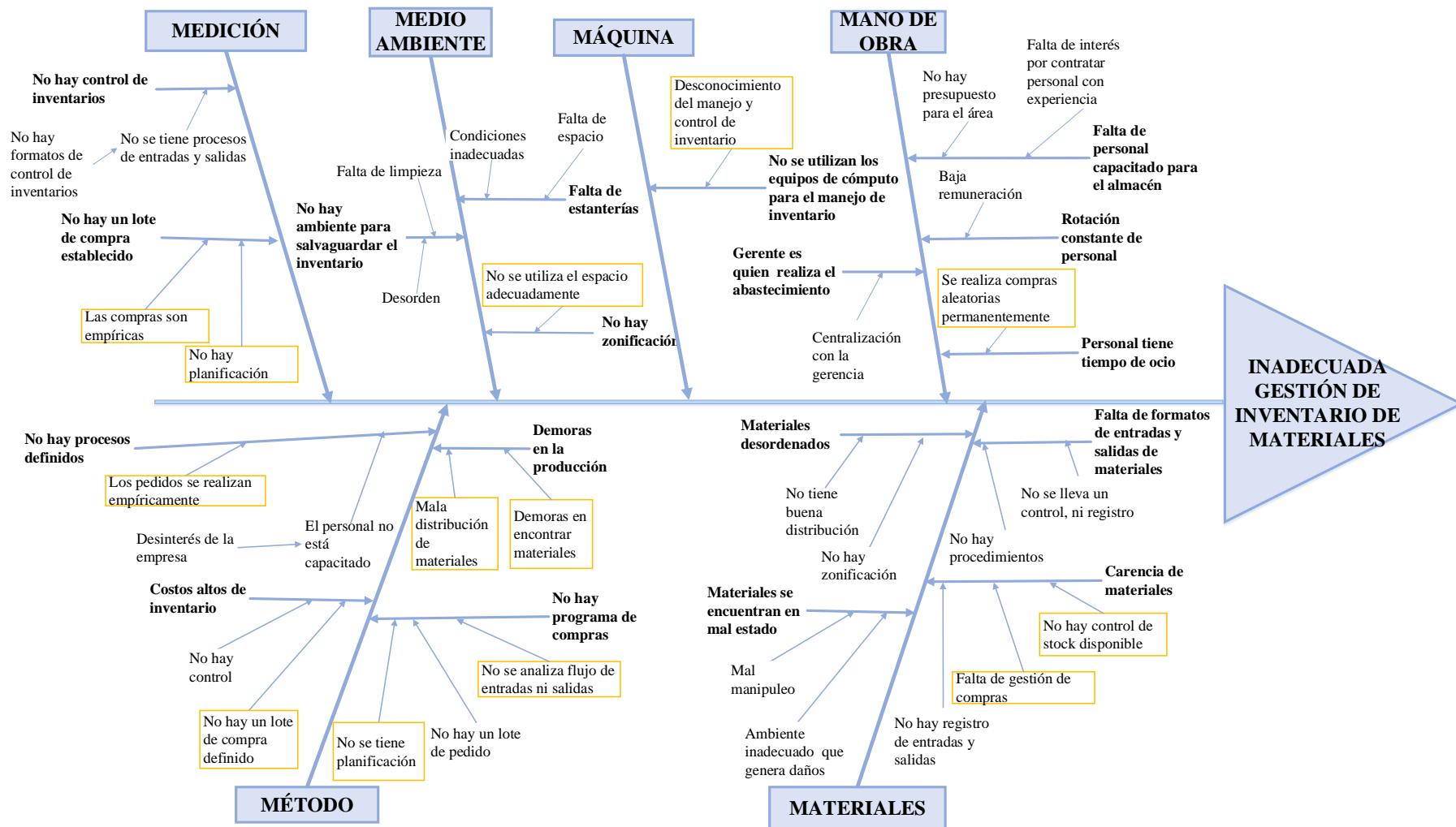


Figura 18. Causas raíz que más se repiten en el análisis del problema de gestión de inventario de la empresa
Fuente: elaboración propia

En la figura 18 se observan las causas raíces que más se repiten en el análisis y en la tabla 9 se observa una lista de estas con su respectivo método de corrección.

Tabla 9. Causas raíz relevantes

Causas raíz	Herramienta de corrección
Los pedidos se realizan empíricamente	EOQ
No se utiliza el espacio adecuadamente	ABC
Mala distribución de materiales	ABC
No hay un lote de compra definido	EOQ
No hay control de stock disponible	Kardex
Falta de gestión de compras	EOQ

Fuente: elaboración propia

En conclusión: como puede observarse en el mismo diagrama y en el análisis desprendido en los puntos anteriores, la causa raíz de la inadecuada gestión de inventarios es principalmente la falta de un sistema de abastecimiento eficiente en el que se incluya un programa de compras y establezca un lote de pedido, para lo cual se propone un EOQ, por otro lado, también resalta como causa raíz el desorden en el almacén, por ello, se propone como medida adicional una mejor distribución del almacén

CAPÍTULO 5

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA

La propuesta pretende mejorar la gestión de inventario de materiales consumibles de la empresa metal mecánica en estudio. Con ayuda del diagnóstico sobre sus procedimientos actuales de abastecimiento y almacenamiento, encontramos las deficiencias más resaltantes de esta mala gestión, para enfocarnos en las causas más relevantes. Entonces se puede decir que el objetivo de la propuesta será mejorar la gestión de inventarios y mediante esta reducir demoras y costos de abastecimiento.

El modelo EOQ como propuesta principal a la mejora de gestión de inventarios requiere el conocimiento de una demanda futura y costos de pedido e inventario, por ello en las siguientes viñetas se presenta el cálculo de la demanda futura y una clasificación ABC para diferenciar los materiales más importantes con los cuales se trabajará la propuesta.

La propuesta se enfoca en tres puntos, el primero y fundamental, el hallazgo y análisis de un lote económico de pedido; el segundo, es el establecimiento de un manual de procedimientos y almacenamiento; y el tercer punto, sobre la organización física del almacén de materiales, para lo cual se trabaja bajo los siguientes supuestos:

- ❖ La proyección de la demanda del año 2020, que será requerida para hallar el EOQ de los materiales, será hallada con la demanda histórica de cada material, datos que son

no estacionales, solo son seis datos y de periodicidad anual, por lo que, se usa el método suavizado exponencial doble.

Se utiliza el software Crystal Ball, el cual arroja como mejor método de pronóstico el método de suavizado exponencial doble por la baja variedad de datos, con un intervalo de confianza de 99% y teniendo en cuenta la demanda histórica de los materiales desde el año 2014 hasta el 2019.

En la tabla 10 se presenta la demanda anual de los insumos en los años 2014-2019 y el pronóstico de la demanda de los insumos para el 2020.

Tabla 10 . Proyección de la demanda de materiales consumibles

N°	MATERIALES CONSUMIBLES	DEMANDA ANUAL 2014 (unidad)	DEMANDA ANUAL 2015 (unidad)	DEMANDA ANUAL 2016 (unidad)	DEMANDA ANUAL 2017 (unidad)	DEMANDA ANUAL 2018 (unidad)	DEMANDA ANUAL 2019 (unidad)	DEMANDA PROYECTADA 2020
1	Alambre para soldadura 1.8 (rollo de alambre por 5 kg sin gas - mig)	178	350	360	386	539	672	757
2	Alambre para soldadura 1.2	300	372	370	372	539	672	787
3	Alambre para soldadura 1.6	300	372	376	374	539	672	786
4	Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Dewalt	115	145	142	140	354	448	594
5	Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Norton	115	145	142	140	354	448	594
6	Disco de desbaste de 7"x1/16"x7/8" Bosch	170	216	213	214	285	336	366
7	Disco de desbaste de 7"x1/16"x7/8" Abralit	130	162	159	157	226	280	324
8	Electrodos para soldar Supercito E7018	31	40	40	43	68	84	103
9	Electrodos para soldar Cellocord E6011	31	40	40	43	68	84	103
10	Disco de corte de 4 1/2"x0.04x7/8" Bosch (caja de 25 und 76.00)	150	185	191	190	274	336	390
11	Disco de desbaste de 7"x1/16"x7/8" Northon	80	100	105	102	145	448	363
12	Discos de polifan de 7' pulg	20	26	25	24	34	45	53
13	Disco de desbaste de 7"x1/16"x7/8" Dewalt	80	100	105	102	145	448	363
14	Disco de desbaste de 4 1/2"x1/4"x7/8" Dewalt	95	120	118	116	167	336	543
15	Electrodos para soldar E7018 Bohler (paquete de 25und)	23	34	30	31	43	56	58
16	Esmalte epóxido	8	10	9	8	10	13	12
17	Electrodos de carbón (arcar) paquete de 25 und	10	12	10	9	14	17	14
18	Electrodos para soldar Oerlikon Inox AW (lata 35 und)	10	12	13	14	18	22	27
19	Esmalte sintético	7	7	6	6	9	13	16
20	Micas oscuras de vidrio para careta de soldar 2"x4 1/4 shade #12	105	130	134	135	184	224	258
21	Micas oscuras de vidrio para careta de soldar 2"x4 1/4 shade #11	95	125	135	140	192	224	256

22	Micas oscuras de vidrio para careta de soldar 2"x4 1/4 shade #10	90	114	112	116	165	224	283
23	Disco de corte de 14"x7/64x1"Norton	13	16	19	18	27	34	39
24	Escobilla redonda metálica de 7"	30	35	39	30	44	56	45
25	Discos de polifan de 4 1/2 pulg(paquete de 10 und 130.00)	12	16	17	19	26	34	41
26	Disco de corte Dewalt 14"x3/32x1"	12	12	13	13	17	22	28
27	Chascosas metálicas de 7' pulg	16	20	22	23	34	45	55
28	Thinner	12	12	10	9	12	13	11
29	Caretas para esmerilar	110	136	134	38	53	67	134
30	Micas transparentes de vidrio para careta de soldar 2"x4 1/4"	100	120	122	124	179	224	266
31	Disco de corte de madera de 7/8"	6	8	8	7	12	16	18
32	Escobilla copa Twisted UYUSTOLS de 4"	18	23	22	23	34	45	55
33	Cinta adhesiva doble cara extra fuerte 50 mm 2.5 m	12	16	15	14	21	22	24
34	Escobilla metálica	22	25	24	21	29	34	28
35	Escobilla redonda metálica Twisted de 5" UYUSTOOLS	13	15	15	12	19	22	17
36	Cinta adhesiva doble cara extra fuerte 25 mm 2.5 m	10	12	13	12	19	22	26
37	Tiza de calderero	110	140	142	132	181	224	234
38	Chascosas metálicas de 4'5 pulg	13	14	14	15	23	28	33
39	Piedra para moledora de banco	5	6	6	6	10	11	13
40	Pulidor	15	17	16	17	23	27	31
41	Micas transparentes de plástico Coverlens-Clear MSA 791933	30	40	45	44	64	67	78
42	Lijas N100	25	30	33	36	53	67	83
43	Cinta de teflón	12	16	17	16	24	28	31
44	Lijas N60	25	30	33	36	53	67	83
45	Lijas N40	25	30	33	36	53	67	83
46	Lijas N80	25	30	33	36	53	67	83

Fuente: elaboración propia

Los pronósticos de la tabla 10, en la columna del año 2020, se utilizarán para calcular el EOQ, se realiza por producto ya que el EOQ saca la cantidad económica de pedido de cada producto individualmente

- ❖ Se establece una clasificación ABC de los materiales para identificar aquellos que influyen más en el proceso de abastecimiento, por su cantidad de demanda y por su costo de almacenamiento y abastecimiento.

Para la clasificación ABC se toman los siguientes datos:

- Inventario del año 2019 que son mostrados en la tabla 10.
- Precio unitario, dato conseguido de las facturas pasadas
- Valor de almacén, hallado multiplicando la cantidad de inventario y precio de cada material

Entonces la tabla 11 muestra la clasificación de importancia de los materiales de la empresa metal mecánica

Se calcula un 60% del valor total para el primer grupo A de los materiales, el grupo B toma el 30% siguiente y el grupo C, el 10% final.

La razón principal de utilizar el ABC es que se sirve para reconocer los materiales que más se necesitan en planta y trabajar con ellos el EOQ, de manera que se sabría qué cantidad de ellos debe pedirse y cada cuanto tiempo, para que no hagan falta, mientras que el resto de materiales puedan acoplarse al EOQ formulado para estos materiales del grupo A. Es decir, si los resultados del EOQ de esto materiales, muestra que se requiere hacer el pedido cada 14 días por ejemplo el resto de materiales se pueden pedir ese día, la cantidad del resto de materiales sería obtenida de la observación en el almacén, y ya que los demás materiales no toman mucho espacio de este y por su baja demanda no generan mayores gastos, pueden mantenerse en almacén hasta su requerimiento.

Tabla 11. Clasificación ABC de los materiales consumibles

MATERIALES CONSUMIBLES	INVENTARIO 2019 (Unidades)	PRECIO UNITARIO (S/)	VALOR EN ALMACÉN (S/)	PORCENTAJE (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	CLASIFICACIÓN
Alambre para soldadura 1.8 (rollo de alambre por 15 kg sin gas - mig)	672	110	73,920	34.48	34.48	A
Alambre para soldadura 1.2 (rollo de alambre por 15 kg)	672	90	60,480	28.21	62.69	A
Alambre para soldadura 1.6 (rollo de alambre por 15 kg)	672	80	53,760	25.08	87.77	B
Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Dewalt	448	4.7	2,106	0.98	88.75	B
Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Norton	448	4.69	2,101	0.98	89.73	B
Disco de desbaste de 7"x1/16"x7/8" Northon	448	4.11	1,841	0.86	90.59	C
Disco de desbaste de 7"x1/16"x7/8" Dewalt	448	3.62	1,622	0.76	91.34	C
Disco de desbaste de 4 1/2"x1/4"x7/8" Dewalt	336	3.65	1,226	0.57	91.91	C
Disco de desbaste de 7"x1/16"x7/8" Bosch	336	3.59	1,206	0.56	92.48	C
Electrodos para soldar Supercito E7018	84	14	1,176	0.55	93.03	C
Electrodos para soldar Cellocord E6011	84	13.92	1,169	0.55	93.57	C
Disco de desbaste de 7"x1/16"x7/8" Abralit	280	3.97	1,112	0.52	94.09	C
Disco de corte de 4 1/2"x0.04x7/8" Bosch (caja de 25 und 76.00)	336	3.04	1,021	0.48	94.57	C
Caretas para esmerilar	67	15	1,008	0.47	95.04	C
Discos de polifan de 7' pulg	45	21	941	0.44	95.48	C
Electrodos para soldar E7018 Bohler (paquete de 25 und)	56	16	896	0.42	95.89	C
Electrodos de carbón (arclair) paquete de 25 und	17	45	756	0.35	96.25	C
Esmalte epóxido	13	56	753	0.35	96.60	C
Electrodos para soldar Oerlikon Inox AW (lata 35 und)	22	32	717	0.33	96.93	C
Esmalte sintético	13	48	645	0.30	97.23	C
Micas oscuras de vidrio para careta de soldar 2"x4 1/4 shade #12	224	2.5	560	0.26	97.49	C

Micas oscuras de vidrio para careta de soldar 2"x4 1/4 shade #11	224	2.5	560	0.26	97.75	C
Micas oscuras de vidrio para careta de soldar 2"x4 1/4 shade #10	224	2.5	560	0.26	98.02	C
Disco de corte de 14"x7/64x1"Norton	34	14.9	501	0.23	98.25	C
Escobilla redonda metálica de 7"	56	7.9	442	0.21	98.46	C
Discos de polifan de 4 1/2 pulg(paquete de 10 und 130.00)	34	13	437	0.20	98.66	C
Disco de corte Dewalt 14"x3/32x1"	22	15.51	347	0.16	98.82	C
Chascosas metálicas de 7' pulg	45	7.29	327	0.15	98.97	C
Disco de corte de madera de 7/8"	16	15	235	0.11	99.08	C
Micas transparentes de vidrio para careta de soldar 2"x4 1/4"	224	1	224	0.10	99.19	C
Escobilla copa Twisted UYUSTOLS de 4"	45	4.43	198	0.09	99.28	C
Thinner	13	13.89	187	0.09	99.37	C
Cinta adhesiva doble cara extra fuerte 50 mm 2.5 metros	22	7.2	161	0.08	99.44	C
Cinta adhesiva doble cara extra fuerte 25 mm 2.5 metros	22	6.5	146	0.07	99.51	C
Escobilla metálica	34	4.23	142	0.07	99.58	C
Escobilla redonda metálica Twisted de 5" UYUSTOOLS	22	6.2	139	0.06	99.64	C
Tiza de calderero	224	0.6	134	0.06	99.70	C
Chascosas metálicas de 4'5 pulg	28	4.65	130	0.06	99.77	C
Piedra para molodora de banco	11	9	101	0.05	99.81	C
Lijas N100	67	1.00	67	0.03	99.84	C
Pulidor	27	2.34	63	0.03	99.87	C
Micas transparentes de plástico Coverlens-Clear MSA 791933	67	0.9	60	0.03	99.90	C
Lijas N60	67	0.80	54	0.03	99.93	C
Lijas N40	67	0.80	54	0.03	99.95	C
Lijas N80	67	0.80	54	0.03	99.98	C
Cinta de teflón	28	1.8	50	0.02	100.00	C

Fuente: elaboración propia

Ya que no todos los insumos son igual de importantes, se decide hacer una clasificación por el método ABC, para hallar los insumos que más se requieren, y estos resultan ser los alambres de soldadura, tiene sentido ya que se trata de una empresa que construye muchas estructuras metálicas, sin embargo, para desarrollar el EOQ para más productos, se realizará la investigación a partir del momento con los insumos del grupo A y B, que son:

- Alambre para soldadura 1.8 (rollo de alambre por 15 kg sin gas - mig)
- Alambre para soldadura 1.2 (rollo de alambre por 15 kg)
- Alambre para soldadura 1.6 (rollo de alambre por 15 kg)
- Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Dewalt
- Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Norton

❖ El procedimiento propuesto para el abastecimiento de inventario de materiales se utiliza para objetos críticos, los demás materiales se compran de acuerdo a requerimiento. Entonces, la propuesta tiene las siguientes etapas:

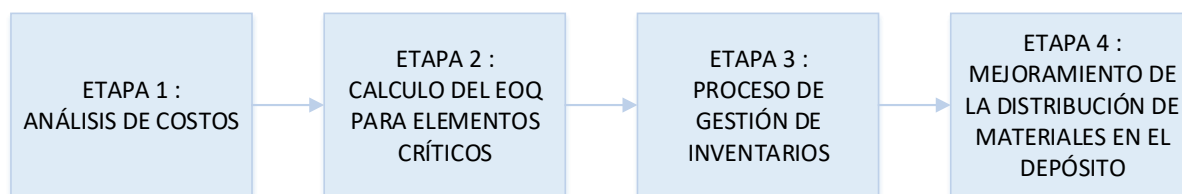


Figura 19. Etapas de la propuesta.

5.1. Etapa 1: Análisis de costos anuales de inventarios

Para hallar el EOQ se requiere conocer los costos de abastecimiento y costo de mantener el inventario, el costo por orden de pedido se describe de la siguiente manera,

Tabla 12. Costos por orden de pedido

Costo por orden de pedido (S/)	
Costo de movilidad total (S/)	36.92
Costo por horas hombre (S/)	55.16
Total	92.08

Fuente: elaboración propia

La tabla 12 muestra que se gasta S/92.08 por cada orden de pedido que se realiza

En la tabla 12 se muestra los gastos desagregados que se consideran para el abastecimiento de materiales, es decir, el costo del proceso descrito en la figura 6, el Costo por horas hombre se calcula a partir del sueldo de los trabajadores que se encargan y las horas que les toma realizar esta operación, al gerente se le remunera S/2400 y el tiempo que participa en el proceso de abastecimiento es de 3.25 horas y el trabajador remunerado con 930 soles aporta 3 horas de su tiempo. El gasto en movilidad hasta el centro de abastecimiento y de regreso, es el gasto en combustible para la camioneta y pasajes.

A. Costo de ordenar cada pedido

Este costo por orden de abastecimiento se multiplica por las ordenes promedio que se hacen al año, es decir, 60 pedidos, lo que resulta en un costo total anual por abastecimiento de S/5,525.00. Para hallar los costos unitarios por material de abastecimiento se hace mediante una simple operación de proporciones, con respecto a la cantidad de cada material que se compra en cada orden de abastecimiento, ya que la empresa no realiza órdenes de compra unitarios por resultar más caras, la empresa espera un volumen de materiales que justifique una nueva compra, para volver a hacer la gestión de compra. De modo que, en la tabla 13 se muestran los costos por ordenar cada material

B. Costo de almacén

Por otro lado, teniendo en cuenta el costo de oportunidad del terreno que es S/7 mil mensuales donde se encuentran los materiales, se halla el costo de almacenarlos o mantenerlos. El costo de oportunidad asciende a 7 mil soles mensuales, que se refiere a lo que ganaría si se alquilara todo el terreno de la empresa (400 m²), con lo que se hallan los siguientes costos de almacén mensuales, es decir de acuerdo al espacio que ocupan en metros cuadrados del almacén (vea anexo 6)

El costo total anual de inventario es entonces, la suma de ambos costos, primero convertidos a cantidades anuales.

Tabla 13. Costos de logística

N°	Artículo – referencia	Unidad	Costo de ordenar cada pedido (s/.)	Costo de almacén unitario anual (s/.)	Costo total anual del inventario actual (s/.)
1	Alambre para soldadura 1.8 (rollo de alambre por 15 kg sin gas - mig)	RLL	8.12	36.72	523.92
2	Alambre para soldadura 1.2 (rollo de alambre por 15 kg)	RLL	8.44	36.72	543.12
3	Alambre para soldadura 1.6 (rollo de alambre por 15 kg)	RLL	8.43	36.72	542.52
4	Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Dewalt	CAJA	6.36	12.24	393.84
5	Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Norton	CAJA	6.36	12.24	393.84
6	Disco de desbaste de 7"x1/16"x7/8" Northon	CAJA	3.89	12.24	245.64
7	Disco de desbaste de 7"x1/16"x7/8" Dewalt	CAJA	3.89	12.24	245.64
8	Disco de desbaste de 4 1/2"x1/4"x7/8" Dewalt	CAJA	5.83	3.6	353.4
9	Disco de desbaste de 7"x1/16"x7/8" Bosch	CAJA	3.92	12.24	247.44
10	Electrodos para soldar Supercito E7018	CAJA	1.11	12.24	78.84
11	Electrodos para soldar Cellocord E6011	CAJA	1.11	12.24	78.84
12	Disco de desbaste de 7"x1/16"x7/8" Abralit	CAJA	3.47	12.24	220.44
13	Disco de corte de 4 1/2"x0.04x7/8" Bosch (caja de 25 und 76.00)	CAJA	4.18	3.6	254.4
14	Caretas para esmerilar	UND	1.44	1.53	87.93
15	Discos de polifan de 7' pulg	CAJA	0.57	12.24	46.44
16	Electrodos para soldar E7018 Bohler (paquete de 25 und)	CAJA	0.62	12.24	49.44
17	Electrodos de carbón (arclair) paquete de 25 und	CAJA	0.15	12.24	21.24
18	Esmalte epóxido	LT	0.13	12	19.8
19	Electrodos para soldar Oerlikon Inox AW (lata 35 und)	CAJA	0.29	12.24	29.64
20	Esmalte sintético	LT	0.17	12	22.2

21	Micas oscuras de vidrio para careta de soldar 2"x4 1/4 shade #12	CAJA	2.77	1	167.2
22	Micas oscuras de vidrio para careta de soldar 2"x4 1/4 shade #11	CAJA	2.75	1	166
23	Micas oscuras de vidrio para careta de soldar 2"x4 1/4 shade #10	CAJA	3.03	1	182.8
24	Disco de corte de 14"x7/64x1"Norton	UND	0.42	24.48	49.68
25	Escobilla redonda metálica de 7"	UND	0.48	6.12	34.92
26	Discos de polifan de 4 1/2 pulg(paquete de 10 und 130.00)	CAJA	0.44	3.6	30
27	Disco de corte Dewalt 14"x3/32x1"	UND	0.3	24.48	42.48
28	Chascosas metálicas de 7' pulg	UND	0.59	4.08	39.48
29	Disco de corte de madera de 7/8"	UND	0.2	12.24	24.24
30	Micas transparentes de vidrio para careta de soldar 2"x4 1/4"	CAJA	2.85	1	172
31	Escobilla copa Twisted UYUSTOLS de 4"	UND	0.59	2.4	37.8
32	Thinner	LT	0.11	12	18.6
33	Cinta adhesiva doble cara extra fuerte 50 mm 2.5 metros	UND	0.26	1.2	16.8
34	Cinta adhesiva doble cara extra fuerte 25 mm 2.5 metros	UND	0.28	1.2	18
35	Escobilla metálica	UND	0.3	2.4	20.4
36	Escobilla redonda metálica Twisted de 5" UYUSTOOLS	UND	0.19	2.4	13.8
37	Tiza de calderero	CAJA	2.51	1.4	152
38	Chascosas metálicas de 4'5 pulg	UND	0.36	2.4	24
39	Piedra para moledora de banco	UND	0.14	3.06	11.46
40	Lijas N100	UND	0.89	0.75	54.15
41	Pulidor	CAJA	0.33	1.4	21.2
42	Micas transparentes de plástico Coverlens-Clear MSA 791933	UND	0.83	0.75	50.55
43	Lijas N60	UND	0.89	0.75	54.15
44	Lijas N40	UND	0.89	0.75	54.15
45	Lijas N80	UND	0.89	0.75	54.15
46	Cinta de teflón	UND	0.33	1	20.8

Fuente: elaboración propia.

La tabla 13 evidencia los costos de almacenamiento y de ordenar un pedido de cada material, y el costo de inventario que engloba estos dos puntos, presenta el costo anual correspondiente al costo por ordenar 60 pedidos y el costo de almacén anual, este costo de inventario es hallado sobre la situación actual, ya que la cantidad de pedidos al año son 60, sin embargo el costo de almacén unitario refleja la proporción del costo de oportunidad que tiene cada producto por el tamaño que ocupa en el área total de la empresa. Se tiene en cuenta que se trabaja el EOQ con los siguientes insumos.

5.2. Etapa 2: cálculo de la cantidad económica de pedido

El análisis del EOQ se hace para los materiales que según la clasificación ABC, son los más trascendentales, es decir se hará un análisis de cinco productos, correspondientes a los grupos A y B de la clasificación, que a continuación se muestran en la tabla 14, con sus respectivas unidades de conteo.

Tabla 14. Materiales críticos

Artículo - referencia	Unidad
Alambre para soldadura 1.8 (rollo de alambre por 15 kg sin gas - mig)	RLL
Alambre para soldadura 1.2 (rollo de alambre por 15 kg)	RLL
Alambre para soldadura 1.6 (rollo de alambre por 15 kg)	RLL
Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Dewalt	Unidad
Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Norton	Unidad

Fuente: elaboración propia

Para hallar la cantidad económica óptima de pedido de cada material se usa la siguiente fórmula,

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

Donde:

EOQ: Cantidad económica de pedido

D: demanda

S: costo de orden de pedido

H: costo de mantener inventario

Se halla el EOQ del material denominado Alambre para soldadura 1.8 (rollo de alambre por 5 kg sin gas - mig) de la siguiente manera:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times 757 \times 8.12}{36.72}}$$

$$EOQ = 18.09 \sim 19$$

El EOQ del material Alambre para soldadura 1.2 es:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times 787 \times 8.44}{36.72}}$$

$$EOQ = 19.02 \sim 19$$

El EOQ del material Alambre para soldadura 1.6 es:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times 786 \times 8.43}{36.72}}$$

$$EOQ = 18.99 \sim 19$$

El EOQ del material Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Dewalt es:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times 594 \times 6.36}{12.24}}$$

$$EOQ = 24.84 \sim 25$$

El EOQ del material Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Norton es:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times 594 \times 6.36}{12.24}}$$

$$EOQ = 24.84 \sim 25$$

Del mismo modo se presenta el EOQ de los materiales del grupo A y B en la tabla 15

Tabla 15. Cantidad de pedido de materiales óptimo

Materiales consumibles	Demanda proyectada 2020	Costo de orden de pedido (s/)	Costo de almacén unitario (s/)	Pedido optimo eq (u)
Alambre para soldadura 1.8 (rollo de alambre por 5 kg sin gas - mig)	757	8.12	36.72	18
Alambre para soldadura 1.2	787	8.44	36.72	19
Alambre para soldadura 1.6	786	8.43	36.72	19
Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Dewalt	594	6.36	12.24	25
Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Norton	594	6.36	12.24	25

Fuente: elaboración propia

Se halla también el punto de reorden, el nivel medio de stock y el tiempo entre pedidos, de estos materiales, para llevar mejor una gestión de compras, ya que se puede saber con estos datos cuando debería comprarse, cuanto debería haber en el inventario de materiales para hacer la siguiente orden, y así la gestión de abastecimiento esté más especificada.

- Punto de reorden

El punto de reorden de cada material se halla con la siguiente formula:

$$\text{Punto de reorden} = \text{lead time} \times \text{demanda diaria}$$

Por ejemplo, para el material del grupo A, Alambre para soldadura 1.8 (rollo de alambre por 5 kg sin gas - mig), su punto de reorden es como se halla a continuación:

$$PR = 1.5 \times 2.1$$

$$PR = 3.2 \sim 3$$

El Punto de reorden del material Alambre para soldadura 1.2 es:

$$PR = 1.5 \times 2.2$$

$$PR = 3.3 \sim 3$$

El Punto de reorden del material Alambre para soldadura 1.6 es:

$$PR = 1.5 \times 2.2$$

$$PR = 3.3 \sim 3$$

El Punto de reorden del material Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Dewalt es:

$$PR = 1.5 \times 1.6$$

$$PR = 2.44 \sim 2$$

El Punto de reorden del material Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Norton es:

$$PR = 1.5 \times 1.6$$

$$PR = 2.44 \sim 2$$

De igual manera se presentan los puntos de reorden materiales de los grupos A y B en la tabla 16,

Tabla 16. Punto de reorden de materiales

Materiales consumibles	Lead time (días)	Demanda diaria	Punto de reorden (u)
Alambre para soldadura 1.8 (rollo de alambre por 5 kg sin gas - mig)	1.5	2.1	3
Alambre para soldadura 1.2	1.5	2.2	3
Alambre para soldadura 1.6	1.5	2.2	3
Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Dewalt	1.5	1.6	2
Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Norton	1.5	1.6	2

Fuente: elaboración propia

La tabla 16 muestra los datos que se tienen en cuenta la para hallar el punto de reorden de cada material, primero se presenta el lead time de 1.5 días que fue explicado en el punto 4.2.1 del capítulo IV, y en la siguiente columna se presenta la demanda diaria hallada, dividiendo la demanda anual proyectada para el año 2020 de cada material

presentado en la tabla 10 dividido entre 360 días. Y en la columna derecha se presenta la cantidad de inventario de cada material que debe haber en el depósito que señala que debe hacerse una nueva orden.

- Nivel medio de stock

El nivel medio de stock se halla utilizando el stock de seguridad y la cantidad de pedido óptimo.

El stock de seguridad se halla restando el tiempo máximo que demora el abastecimiento de cada material y el tiempo mínimo que se demora el abastecimiento, considerado un día, ya que por lo general lo que demora este proceso va de medio día a dos días, esto multiplicado por la cantidad promedio que se compra en una orden, es decir hallado a partir de la demanda anual dividida por los 60 pedidos que normalmente se hacen al año

De modo que el nivel medio de stock se obtiene como indica la siguiente fórmula:

$$\text{Nivel medio de stock} = \text{stock de seguridad} + \frac{\text{cantidad a pedir}}{2}$$

Se halla el nivel medio de stock de Alambre para soldadura 1.8 (rollo de alambre por 5 kg sin gas - mig) que resulta como se indica a continuación:

$$\text{Nivel medio de stock} = 13 + \frac{18}{2}$$

$$\text{Nivel medio de stock} = 22$$

El nivel medio de stock del material Alambre para soldadura 1.2 es:

$$\text{Nivel medio de stock} = 14 + \frac{19}{2}$$

$$\text{Nivel medio de stock} = 24$$

El nivel medio de stock del material Alambre para soldadura 1.6 es:

$$\text{Nivel medio de stock} = 14 + \frac{19}{2}$$

$$\text{Nivel medio de stock} = 23$$

El nivel medio de stock del material Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Dewalt es:

$$\text{Nivel medio de stock} = 10 + \frac{25}{2}$$

$$\text{Nivel medio de stock} = 22$$

El nivel medio de stock del material Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Norton es:

$$\text{Nivel medio de stock} = 10 + \frac{25}{2}$$

$$\text{Nivel medio de stock} = 22$$

Un resumen de nivel medio de stock de los materiales del grupo A y B se observan en la tabla 17.

- Tiempo entre pedidos (TBO)

Se halla adicionalmente un tiempo entre pedidos (TBO) para cada material, con la fórmula

$$TBO = EOQ \times \frac{365}{D}$$

Donde:

TBO: tiempo entre pedidos

D: demanda proyectada 2020

Por ejemplo, el tiempo entre pedidos del material denominado Alambre para soldadura 1.8 (rollo de alambre por 5 kg sin gas - mig) es:

$$TBO = 18.09 \times \frac{365}{757.34}$$

$$TBO = 9.16 \sim 9 \text{ días}$$

El tiempo entre pedidos del material Alambre para soldadura 1.2 es:

$$TBO = 18.81 \times \frac{365}{787.47}$$

$$TBO = 8.81 \sim 9 \text{ días}$$

El tiempo entre pedidos del material Alambre para soldadura 1.6 es:

$$TBO = 18.78 \times \frac{365}{786.02}$$

$$TBO = 8.82 \sim 9 \text{ días}$$

El tiempo entre pedidos del material Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Dewalt es:

$$TBO = 25 \times \frac{365}{594}$$

$$TBO = 15 \text{ días}$$

El tiempo entre pedidos del material Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Norton es:

$$TBO = 24.56 \times \frac{365}{593.55}$$

$$TBO = 15.37 \sim 15 \text{ días}$$

De igual manera se presenta resumido el tiempo entre pedidos para los materiales críticos, los cuales se muestran en la tabla 17.

Tabla 17. Nivel medio de stock y TBO de materiales críticos

Materiales consumibles	Stock de seguridad	Pedido optimo	Demanda anual	Nivel medio de stock	Días entre pedidos
Alambre para soldadura 1.8 (rollo de alambre por 5 kg sin gas - mig)	13	18	757	22	9
Alambre para soldadura 1.2	14	19	787	24	9
Alambre para soldadura 1.6	14	19	786	23	9
Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Dewalt	10	25	594	22	15
Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Norton	10	25	594	22	15

Fuente: elaboración propia en base a datos proporcionados por la empresa.

En la tabla 17 se muestra los datos que se utilizan para hallar el nivel medio de stock y días entre pedidos de los materiales críticos, los resultados del nivel medio de stock, son indicadores de que esa cantidad promedio habrá en almacén, este dato servirá para hallar el costo por almacén anual con la propuesta del EOQ y poder compararlo con el costo anual de almacén sin la propuesta. Los días entre pedidos serán los días que deben pasar desde un pedido al otro para reabastecer de cada material crítico, este dato servirá para calcular cada cuanto tiempo debe hacerse pedidos en general de todos los productos.

5.2.1. Simulación de los resultados con el software Crystal Ball

Para contrastar nuestros resultados encontrados mediante la aplicación directa de la fórmula del EOQ, se hace un análisis con el programa complemento de Excel, Crystal Ball, para hallar la probabilidad de los resultados obtenidos del EOQ y el punto de reorden. De los resultados obtenidos se presentan en las siguientes figuras, los resultados obtenidos para los 3 primeros materiales del grupo A

Para este análisis, en el software se establece un grado de certeza del 95% y un número de 12 mil pruebas para cada análisis.

- **Alambre para soldadura 1.8 (rollo de alambre por 5 kg sin gas - mig)**

Para el primer material del grupo A, la simulación del EOQ resulta así:

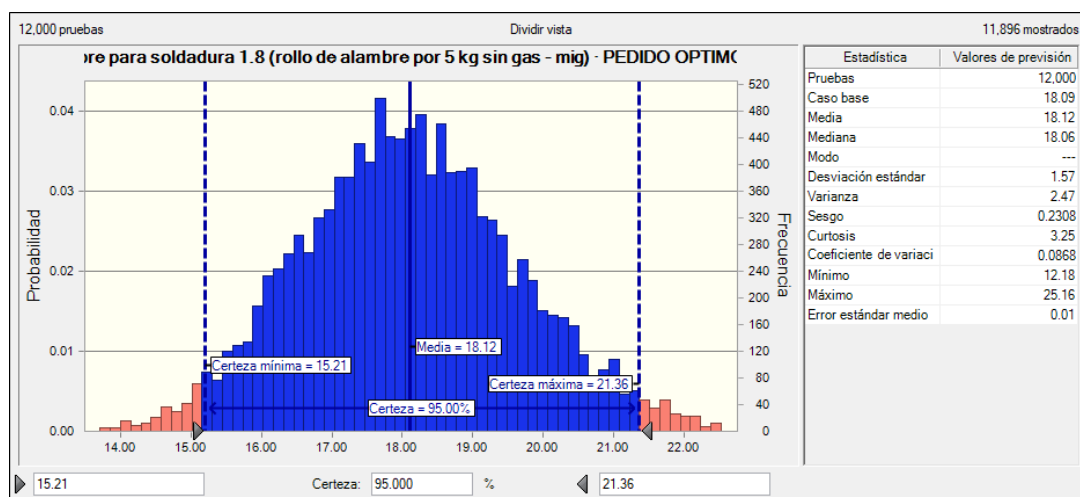


Figura 20. Distribución de probabilidad del EOQ de Alambre para soldadura 1.8 (rollo de alambre por 5 kg sin gas - mig)

Según el programa, el Alambre para soldadura 1.8 (rollo de alambre por 5 kg sin gas - mig) tiene una media de 18.12 unidades, la que no es muy diferente de nuestro resultado obtenido de 18.09 unidades. El grado de certeza que tiene el resultado que hallamos, es decir 18.09, se coloca como rango mínimo en el programa, porque como se observa en la figura 20 el sesgo de la distribución del EOQ tiende a ser positivo, lo que arroja el siguiente resultado.

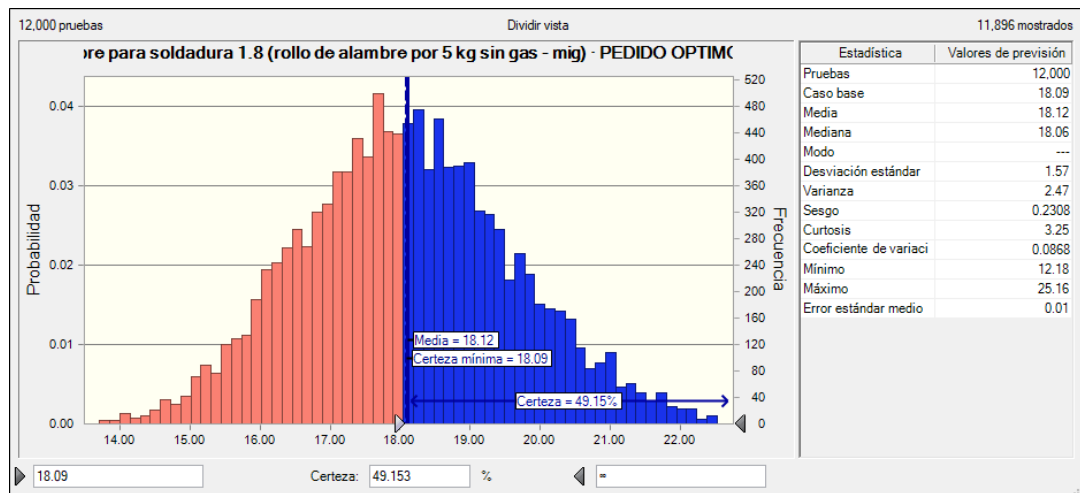


Figura 21. Probabilidad que el EOQ de Alambre para soldadura 1.8 (rollo de alambre por 5 kg sin gas - mig) sea 18.09

En la figura 21 se muestra que existe una probabilidad de 49.15% de que el EOQ sea de este material sea 18.09 unidades.

Por otro lado, se hace el análisis sobre el punto de reorden de este material del grupo A, y arroja los siguientes resultados

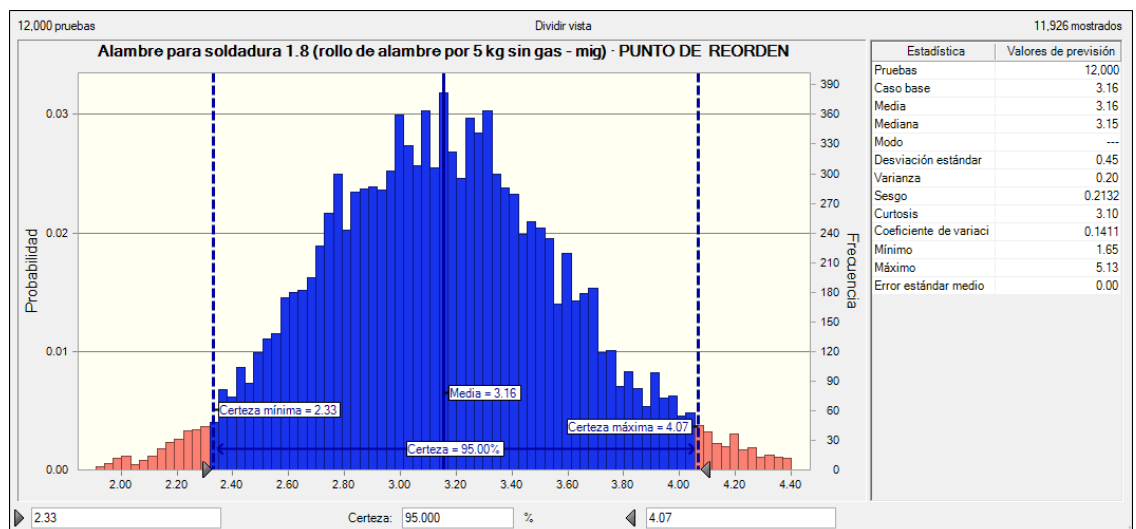


Figura 22. Distribución de probabilidad del punto de reorden de Alambre para soldadura 1.8 (rollo de alambre por 5 kg sin gas - mig)

En la figura 22 se observa que la media del punto de reorden de este material es de 3.16, es decir, no diferente del hallado con la formula directamente. Y sobre la probabilidad. Y para conocer el grado de certeza de que la media del punto de orden de este material sea 3.16, se muestra en la siguiente figura.

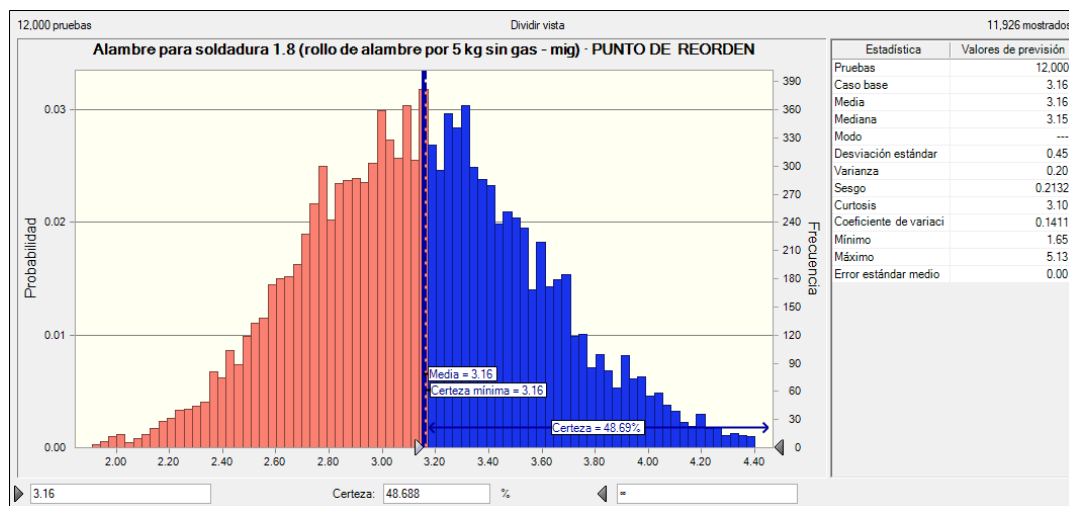


Figura 23. Probabilidad de que el PR del Alambre para soldadura 1.8 (rollo de alambre por 5 kg sin gas - mig) sea 3.16 unidades

La figura 23 muestra que existe una probabilidad de 48.69% de que el punto de reorden óptimo para el material Alambre para soldadura 1.8 (rollo de alambre por 5 kg sin gas - mig) sea de 3.16 rollos, el resultado que obtuvimos aplicando la formula.

- **Alambre para soldadura 1.2**

Para el segundo material del grupo A, la simulación del EOQ resulta así:

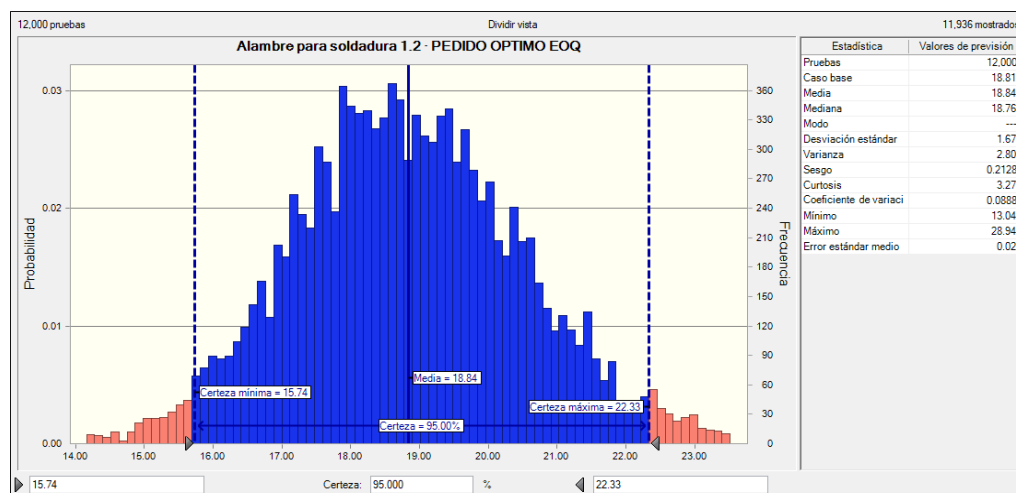


Figura 24. Distribución de probabilidad del EOQ de Alambre para soldadura 1.2

Según el programa, el Alambre para soldadura 1.2 tiene una media de 18.84 unidades, la que no es muy diferente de nuestro resultado obtenido de 18.81 unidades. El grado de certeza que tiene el resultado que hallamos, es decir

18.81, se coloca como rango mínimo en el programa, porque como se observa en la figura 25 el sesgo de la distribución del EOQ tiende a ser positivo, lo que arroja el siguiente resultado

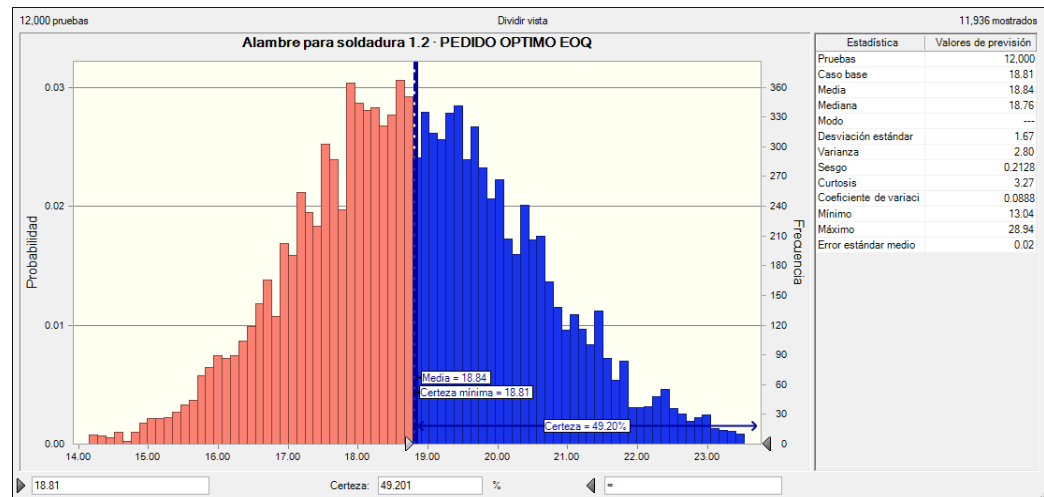


Figura 25. Probabilidad que el EOQ de Alambre para soldadura 1.2 sea 18.81

En la figura 25 se muestra que existe una probabilidad de 49.20% de que el EOQ sea de este material sea 18.81 unidades.

Por otro lado, se hace el análisis sobre el punto de reorden de este material del grupo A, y arroja los siguientes resultados

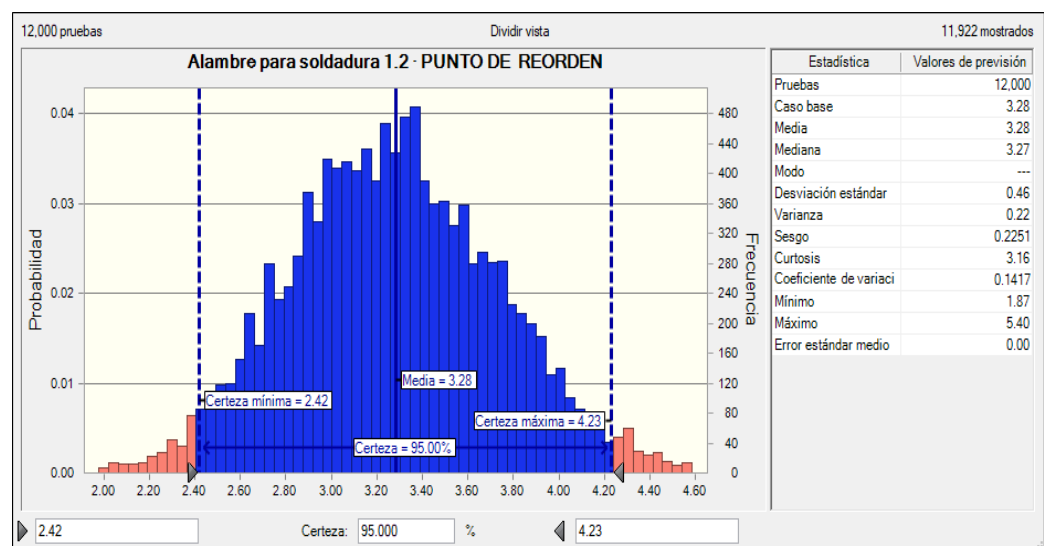


Figura 26. Distribución de probabilidad del punto de reorden de Alambre para soldadura 1.2

En la figura 26 se observa que la media del punto de reorden de este material es de 3.28, es decir, no diferente del hallado con la formula directamente. Y sobre la probabilidad. Y para conocer el grado de certeza de que la media del punto de orden de este material sea 3.28 rollos, se muestra en la siguiente figura.

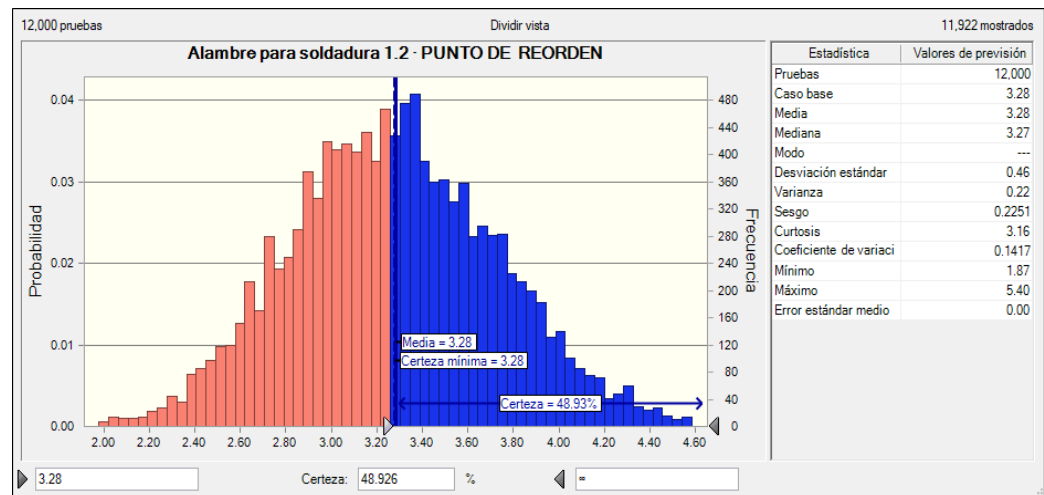


Figura 27. Probabilidad de que el PR del Alambre para soldadura 1.2 sea 3.28 unidades

La figura 27 muestra que existe una probabilidad de 48.93% de que el punto de reorden óptimo para el material Alambre para soldadura 1.2 sea de 3.28 rollos, el resultado que obtuvimos aplicando la formula.

- **Alambre para soldadura 1.6**

Para el primer material del grupo B, la simulación del EOQ resulta así:

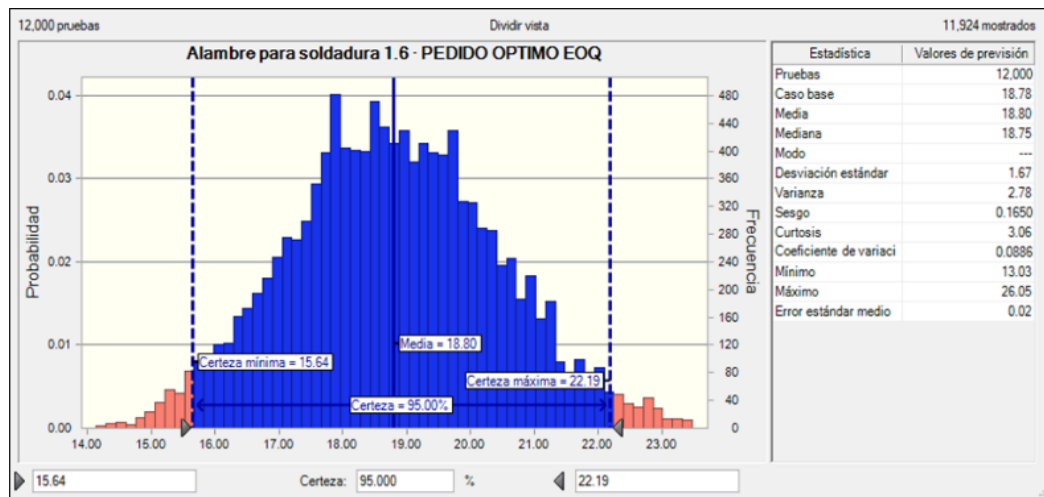


Figura 28. Distribución de probabilidad del EOQ de Alambre para soldadura 1.6

Según el programa, el Alambre para soldadura 1.6 tiene una media de 18.80 rollos, la que no es muy diferente de nuestro resultado obtenido de 18.78 rollos. El grado de certeza que tiene el resultado que hallamos, es decir 18.78, se coloca como rango mínimo en el programa, porque como se observa en la figura 29 el sesgo de la distribución del EOQ tiende a ser positivo, lo que arroja el siguiente resultado.

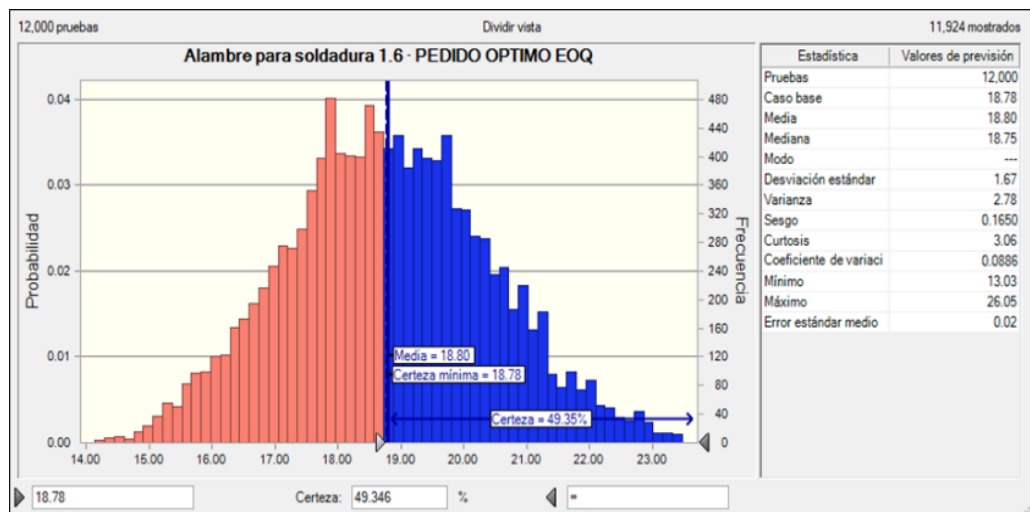


Figura 29. Probabilidad que el EOQ de Alambre para soldadura 1.6 sea 18.78

En la figura 29 se muestra que existe una probabilidad de 49.35% de que el EOQ sea de este material sea 18.78 rollos.

Por otro lado, se hace el análisis sobre el punto de reorden de este material del grupo B, y arroja los siguientes resultados

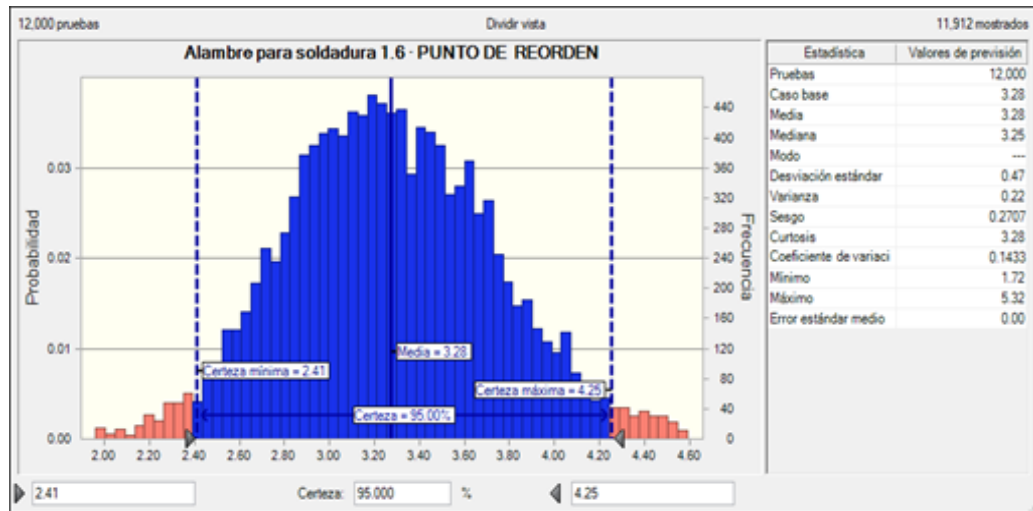


Figura 30. Distribución de probabilidad del punto de reorden de Alambre para soldadura 1.6

En la figura 30 se observa que la media del punto de reorden de este material es de 3.28, es decir, no diferente del hallado con la formula directamente. Y sobre la probabilidad. Y para conocer el grado de certeza de que la media del punto de orden de este material sea 3.28, se muestra en la siguiente figura.

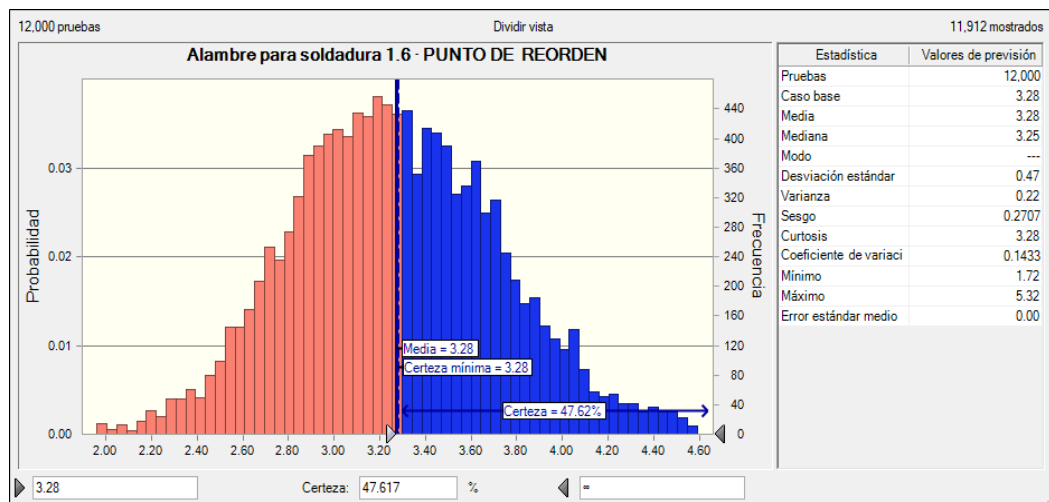


Figura 31 Probabilidad de que el PR del Alambre para soldadura 1.6 sea 3.28 unidades

La figura 31 muestra que existe una probabilidad de 47.62% de que el punto de reorden óptimo para el material Alambre para soldadura 1.6 sea de 3.28 rollos, el resultado que obtuvimos aplicando la formula.

- **Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Dewalt**

Para el segundo material del grupo B, la simulación del EOQ resulta así:

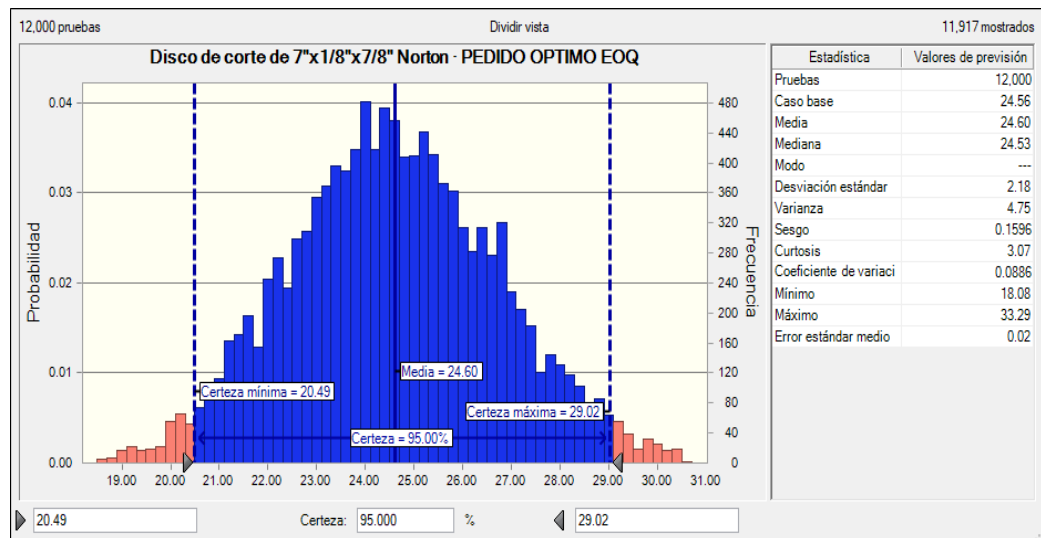


Figura 32. Distribución de probabilidad del EOQ de Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Dewalt

Según el programa, el Disco de corte Dewalt tiene una media de 24.60 unidades, la que no es muy diferente de nuestro resultado obtenido de 24.56 unidades. El grado de certeza que tiene el resultado que hallamos, es decir 24.56, se coloca como rango mínimo en el programa, porque como se observa en la figura 32 el sesgo de la distribución del EOQ tiende a ser positivo, lo que arroja el siguiente resultado

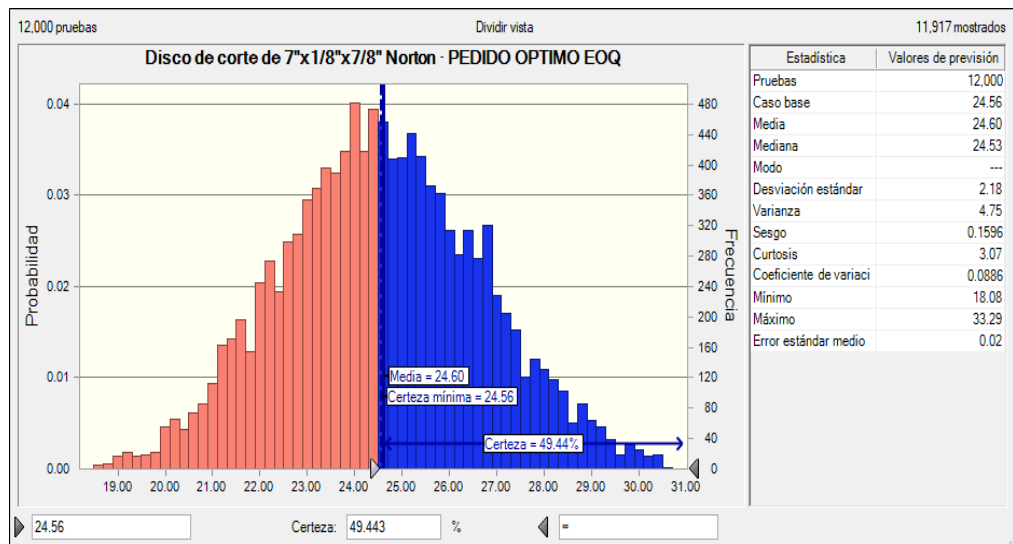


Figura 33. Probabilidad que el EOQ de Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Dewalt sea 24.56

En la figura 33 se muestra que existe una probabilidad de 49.44% de que el EOQ sea de este material sea 24.56 unidades. Por otro lado, se hace el análisis sobre el punto de reorden de este material del grupo B, y arroja los siguientes resultados

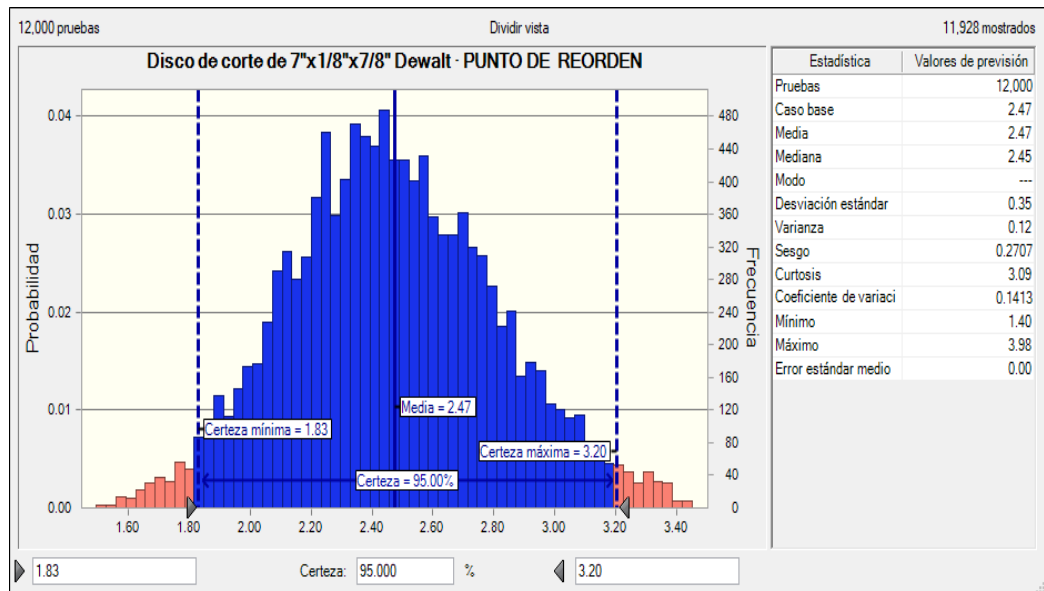


Figura 34. Distribución de probabilidad del punto de reorden de Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Dewalt

En la figura 34 se observa que la media del punto de reorden de este material es de 2.47, es decir, no diferente del hallado con la formula directamente. Y sobre

la probabilidad. Y para conocer el grado de certeza de que la media del punto de orden de este material sea 2.47, se muestra en la siguiente figura.

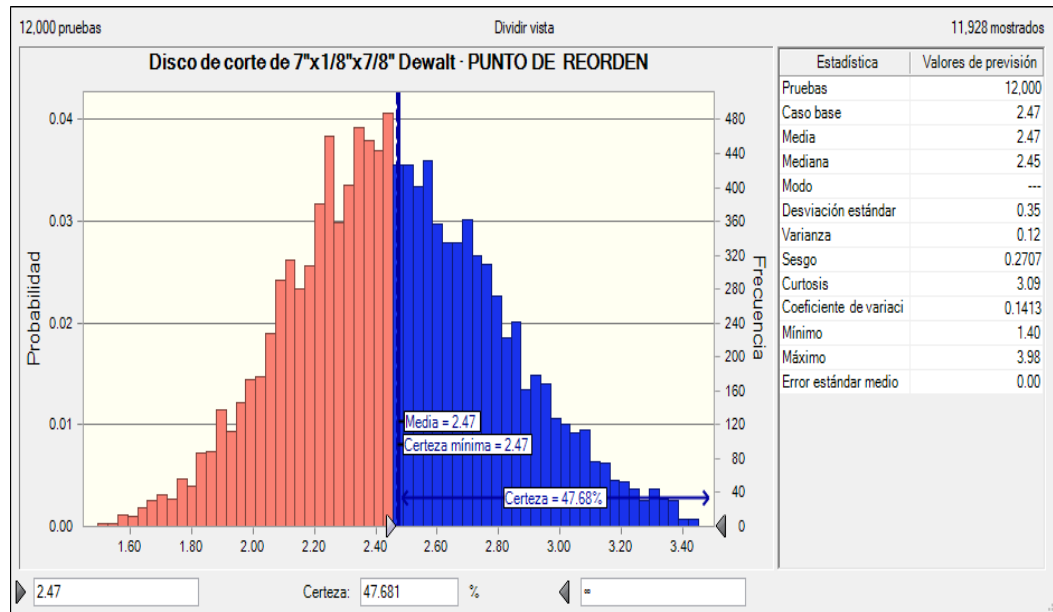


Figura 35. Probabilidad de que el PR del Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Dewalt sea 2.47 unidades

La figura 35 muestra que existe una probabilidad de 47.68% de que el punto de reorden óptimo para el material Disco de corte Dewalt sea de 2.47 unidades, el resultado que obtuvimos aplicando la formula.

- **Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Norton**

Para el tercer material del grupo B, la simulación del EOQ resulta así:

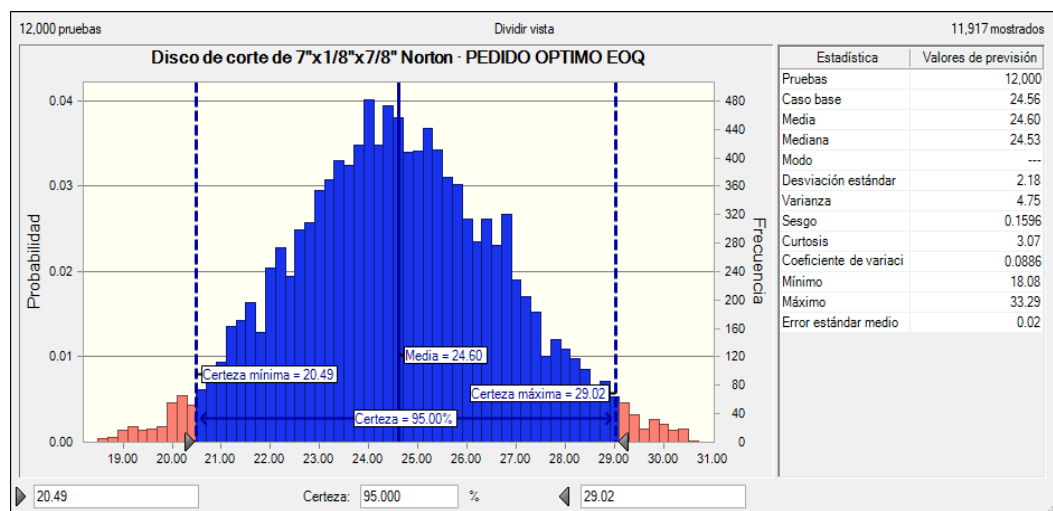


Figura 36. Distribución de probabilidad del EOQ de Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Norton

Según el programa, el Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Norton tiene una media de 24.60 unidades, la que no es muy diferente de nuestro resultado obtenido de 24.56 unidades. El grado de certeza que tiene el resultado que hallamos, es decir 24.56, se coloca como rango mínimo en el programa, porque como se observa en la figura 37 el sesgo de la distribución del EOQ tiende a ser positivo, lo que arroja el siguiente resultado

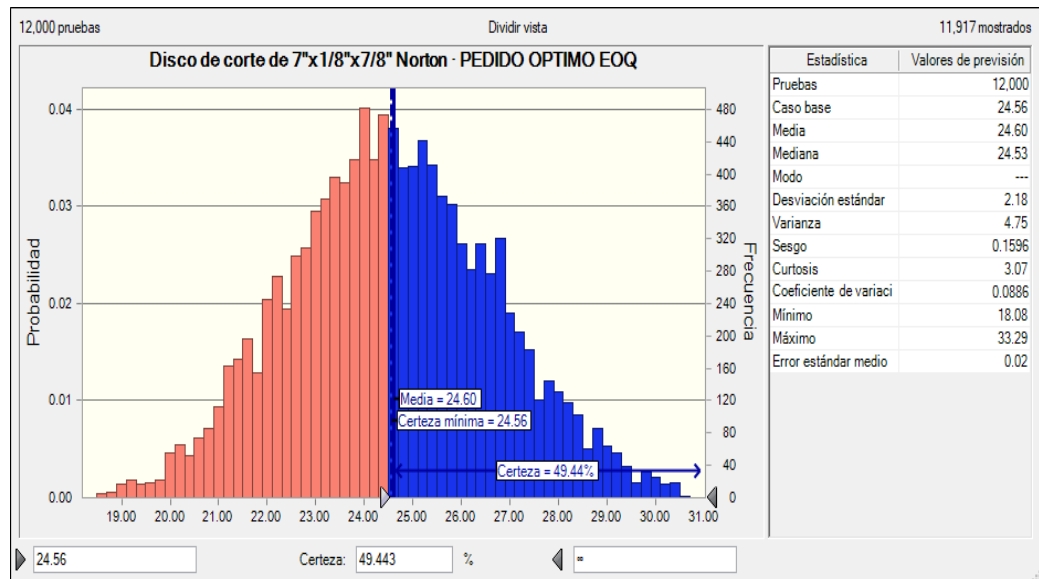


Figura 37. Probabilidad que el EOQ de Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Norton sea 24.56

En la figura 37 se muestra que existe una probabilidad de 49.44% de que el EOQ sea de este material sea 24.56 unidades.

Por otro lado, se hace el análisis sobre el punto de reorden de este material del grupo B, y arroja los siguientes resultados

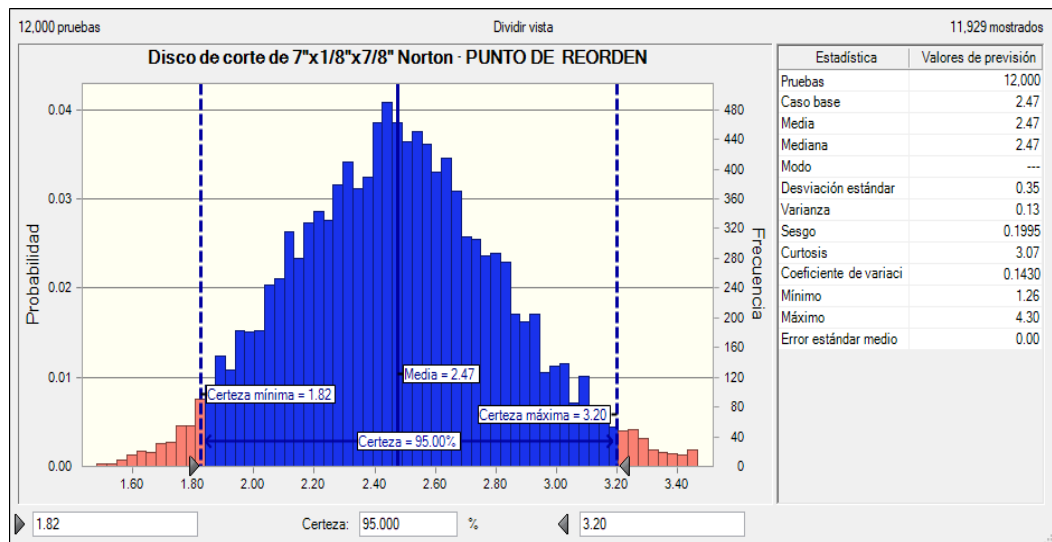


Figura 38. Distribución de probabilidad del punto de reorden de Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Norton

En la figura 38 se observa que la media del punto de reorden de este material es de 2.47, es decir, no diferente del hallado con la formula directamente. Y sobre la probabilidad. Y para conocer el grado de certeza de que la media del punto de orden de este material sea 2.47, se muestra en la siguiente figura.

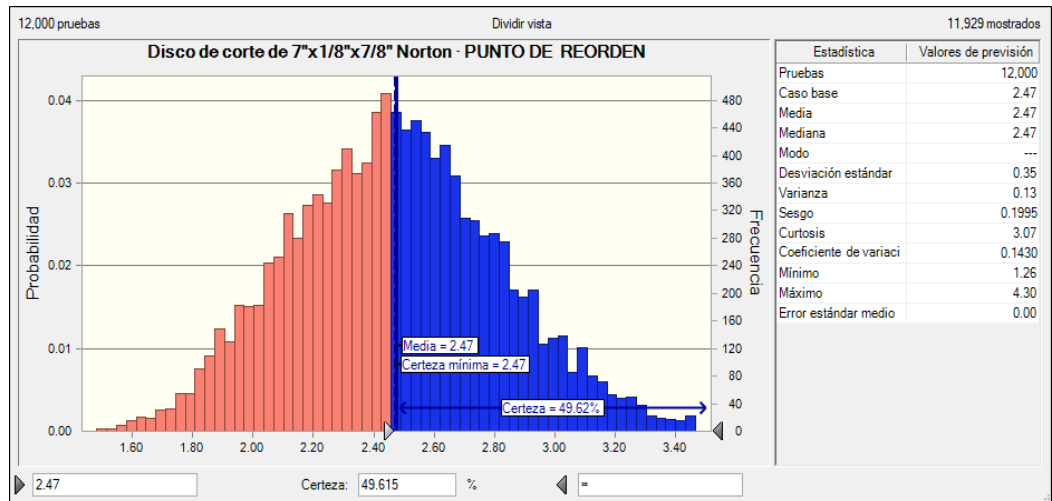


Figura 39. Probabilidad de que el PR del Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Norton sea 2.47 unidades

La figura 39 muestra que existe una probabilidad de 49.62% de que el punto de reorden óptimo para el Disco de corte Norton sea de 2.47 unidades, el resultado que obtuvimos aplicando la formula.

Entonces se establece que la gestión de abastecimiento de los materiales críticos es de la siguiente manera:

- El material denominado Alambre para soldadura 1.8 (rollo de alambre por 5 kg sin gas - mig) debe ser comprado cada 9 días, cuando en el almacén solo haya 3.2 rollos de este material, y se hará un pedido de 18 rollos.
- La compra del Alambre para soldadura 1.2, se debe hacer cada 9 días, cuando en el almacén de la empresa queden 3.3 rollos de alambre y deben comprarse 19 rollos.
- El material denominado Alambre para soldadura 1.6 se debe comprar cada 9 días, en cuanto en el almacén haya un stock de 3 rollos del alambre más una tercera parte de un rollo, y que en cada pedido deben comprarse 19 rollos
- La compra del disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Dewalt debe hacerse cada 32 días, cuando en el depósito solo quede 1 unidad de este material y se debe hacer un pedido de 12 unidades.
- El Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Norton, se compra cada 15 días, cuando aún hay un stock de 2 unidades y se deben comprar 25 unidades.

Tabla 18. Gestión de abastecimiento de materiales críticos

Materiales consumibles	Unidad	Pedido optimo eq	Punto de reorden	Nivel medio de stock	Días entre pedidos
Alambre para soldadura 1.8 (rollo de alambre por 5 kg sin gas - mig)	Rollo	18	3	22	9
Alambre para soldadura 1.2	Rollo	19	3	24	9
Alambre para soldadura 1.6	Rollo	19	3	23	9
Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Dewalt	unidad	25	2	22	15
Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Norton	unidad	25	2	22	15

Fuente: elaboración propia

La tabla 18 resume la gestión de abastecimiento de los materiales críticos

Ya que los materiales críticos deben renovarse en un máximo de 9 días, se calcula un total de 41 pedidos al año, los que deben realizarse acogiendo como principal

requerimiento a los materiales críticos y acoplando a las ordenes los demás materiales que no se requieren constantemente.

5.3. Etapa 3: Diseño del proceso de gestión de inventario de materiales

La gestión de inventarios de materiales involucra dos procesos, el primero es el abastecimiento de materiales y el segundo es el almacenamiento de estos, para lo cual se diseñan los siguientes procesos

En la propuesta del proceso de abastecimiento se considera en primer lugar, cambiar el personal a cargo de cotizar, comprar y recoger los materiales, cambiar también la forma de cotizar, la forma de pago y otros cambios. Se establecen objetivo, alcance y responsables del proceso.

❖ OBJETIVO:

Establecer la sistemática que formalice los procedimientos que aseguren una adecuada gestión de inventarios relacionados con la compra y el almacenamiento. Y asegurar que las existencias que ingresen al almacén cumplan con los requisitos.

❖ ALCANCE:

Este procedimiento abarca todas las actividades asociadas a la identificación y definición de compra y almacenamiento de materiales, finalizando con su optima distribución.

❖ RESPONSABILIDADES

- Gerente General:
 - Decisión de compra.
 - Selección de proveedores
- Asistente de logística
 - Recepción de los requerimientos de material
 - Verificación de existencias en el depósito
 - Realización y seguimiento del pedido de compra hasta su recepción

- Se encarga de recoger los materiales
- Llevar registro

❖ REGISTRO

Son los documentos que se usarán para el procedimiento:

- Hoja de requerimiento
- Inventario valorizado (Kardex)
- Factura de compra
- Hoja de registro de salidas de almacén
- Hoja de registro de entradas al almacén
- Orden de compra

Para el proceso de abastecimiento y almacenamiento se requiere crear un puesto de trabajo que se tendrá como nombre, asistente de logística. Este asistente se encargará de las funciones de almacén y abastecimiento.

Se muestra la propuesta de los procesos de compra y almacenamiento mediante un diagrama de flujo de actividades

En la figura 40 se establece el proceso de abastecimiento que la empresa debe seguir, en él se considera la función de un nuevo asistente de logística y se considera, cambios en el proceso de cotización, si bien se propone que este proceso lo siga realizando el gerente, también se propone que lo realice de manera telefónica, para que no pierda el tiempo, además que puede llegar a más proveedores con solo llamadas.

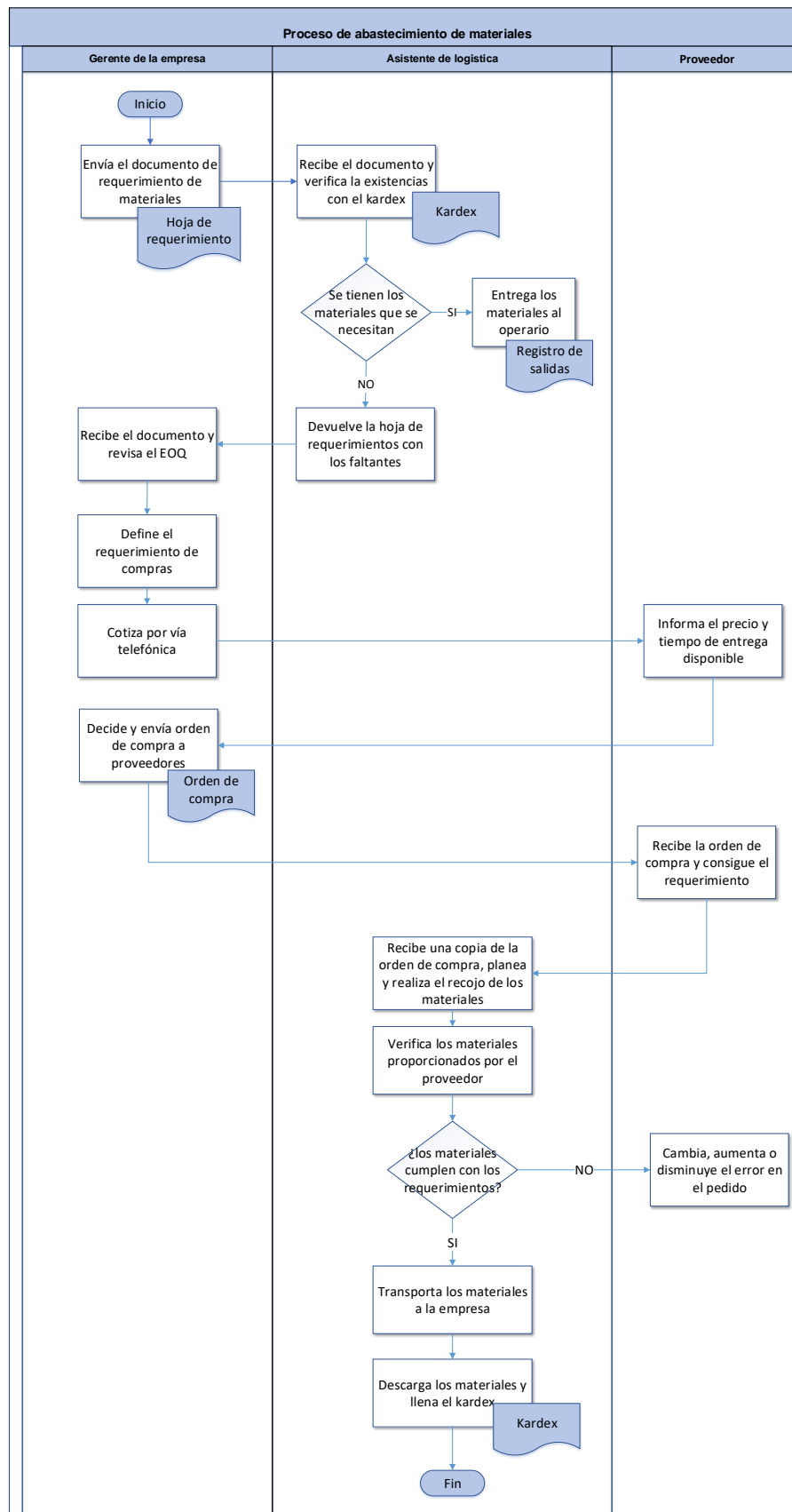


Figura 40. Proceso de abastecimiento de materiales mejorado

Por otro lado, se presenta también mediante un flujograma el proceso de almacenamiento.

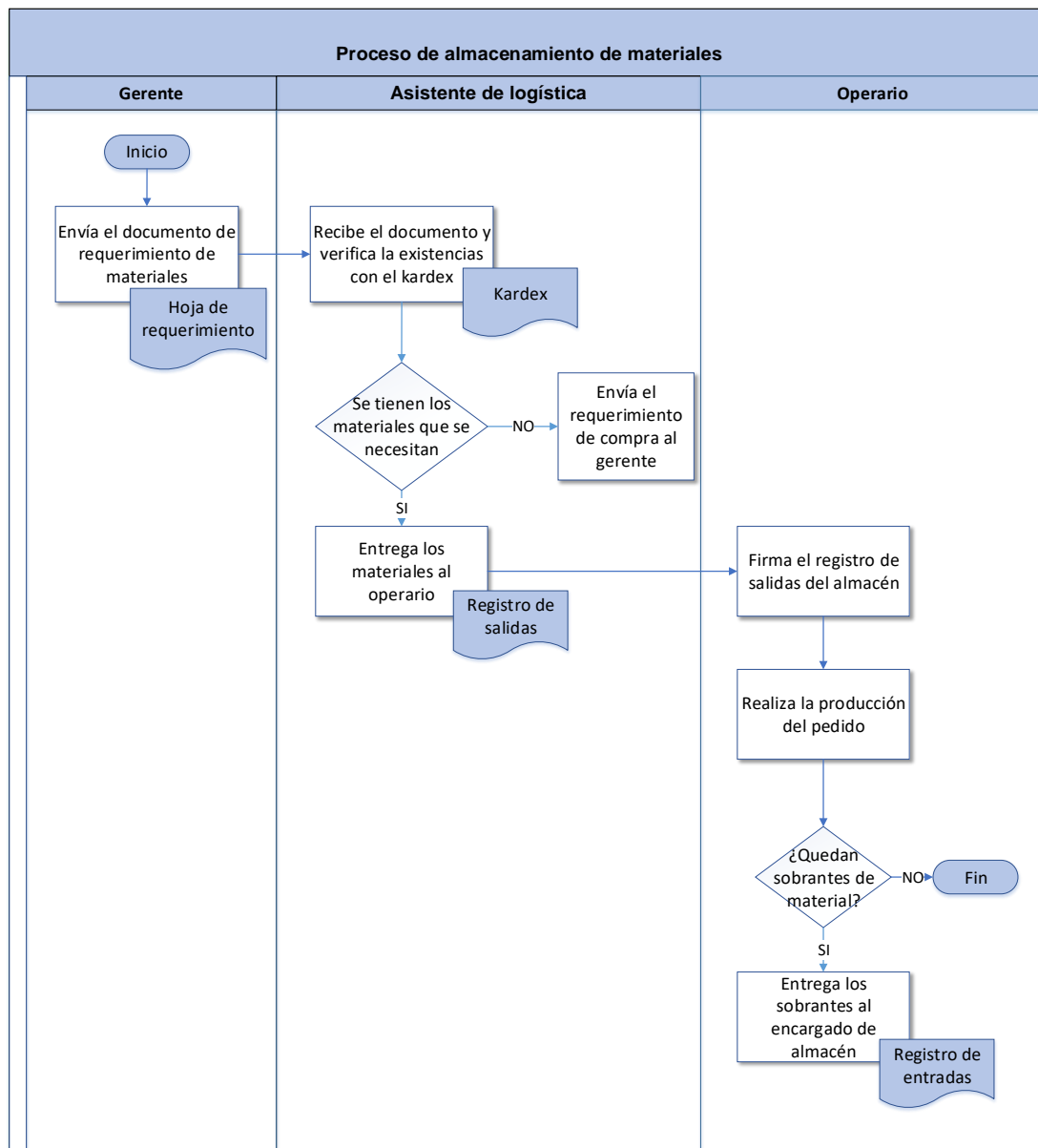


Figura 41. Proceso de almacenamiento de materiales mejorado

La figura 41 muestra el procedimiento que debe seguirse para que el almacenamiento de los materiales sea óptimo.

Estos procesos resaltan el importante uso de los documentos de control, para llevar registro de lo que se necesita y validar la propuesta del EOQ, transformarla o corregirla con el tiempo. Por ello se presentan las propuestas de los documentos que deben incluirse en el proceso logístico.

- Kardex

Un Kardex ayudará a tener registro de los materiales que se compran, considerando su precio y cantidad, para registrar la evolución de los precios con los que se compraron. El Kardex se hace por cada material que ingrese a la empresa, la propuesta de Kardex se encuentra en el anexo 2

- Hoja de entradas y salidas

Este documento se realiza pensando en la necesidad de registrar que personal saca o devuelve el inventario para sus operaciones o después de estas, de manera que se lleve control de la responsabilidad sobre los materiales y se disminuyan los daños o eliminar el riesgo de pérdidas y robos. El modelo de este documento se encuentra en el anexo 3

- Hoja de requerimiento

La hoja de requerimiento cumple la función de conocer los materiales que se necesitan para cumplir con cada pedido que llega a la empresa y verificar si dentro del almacén hay la cantidad necesaria, este documento servirá para verificar la función del EOQ, ya que se demuestra que la cantidad que se necesita de los materiales críticos es la cantidad planteada de compra de debe hacerse cada periodo. El modelo de este documento se encuentra en el anexo 4

- Orden de compra

Este documento ayuda al seguimiento del pedido a los proveedores, ya que se definen precios y tiempo de entrada. En este documento debe establecerse, el encargado del recojo de los materiales, ya que debe ser uno solo que lleve la copia de esta orden para mayor seguridad en la entrega, se debe fijar también la forma de pago ya que puede recurrirse a formas de pago más seguras como giros bancarios o cheques bancarios.

Con este documento se verifica la conformidad de los materiales, ayuda a que no haya errores a la hora de entrega. El modelo de este documento se encuentra en el anexo 5.

5.4. Etapa 4: Mejoramiento de la distribución del almacén

Para hacer una adecuada distribución de los materiales en el almacén se toma en cuenta la calificación ABC para acomodarlos de una manera que sea más fácil de encontrarlos según su importancia y según el espacio que ocupan el cual se presenta en la tabla 19.

Tabla 19. Espacio requerido para los materiales según su nivel medio de stock

Artículo - referencia	Nivel medio de stock	Espacio requerido m ²
Alambre para soldadura 1.8 (rollo de alambre por 15 kg sin gas - mig)	23	0.98
Alambre para soldadura 1.2 (rollo de alambre por 15 kg)	24	1.03
Alambre para soldadura 1.6 (rollo de alambre por 15 kg)	24	1.03
Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Dewalt	23	0.33
Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Norton	23	0.33
Disco de desbaste de 7"x1/16"x7/8" Northon	15	0.22
Disco de desbaste de 7"x1/16"x7/8" Dewalt	15	0.22
Disco de desbaste de 4 1/2"x1/4"x7/8" Dewalt	31	0.13
Disco de desbaste de 7"x1/16"x7/8" Bosch	15	0.22
Electrodos para soldar Supercito E7018	5	0.07
Electrodos para soldar Cellocord E6011	5	0.07
Disco de desbaste de 7"x1/16"x7/8" Abralit	13	0.19
Disco de corte de 4 1/2"x0.04"x7/8" Bosch (caja de 25 und 76.00)	22	0.09
Caretas para esmerilar	12	0.02
Discos de polifan de 7' pulg	3	0.04
Electrodos para soldar E7018 Bohler (paquete de 25 und)	3	0.04
Electrodos de carbón (arcair) paquete de 25 und	2	0.02
Esmalte epóxido	4	0.05
Electrodos para soldar Oerlikon Inox AW (lata 35 und)	2	0.03
Esmalte sintético	4	0.05
Micas oscuras de vidrio para careta de soldar 2"x4 1/4 shade #12	24	0.03

Micas oscuras de vidrio para careta de soldar 2"x4 1/4 shade #11	24	0.03
Micas oscuras de vidrio para careta de soldar 2"x4 1/4 shade #10	26	0.03
Disco de corte de 14"x7/64x1"Norton	2	0.06
Escobilla redonda metálica de 7"	4	0.03
Discos de polifan de 4 1/2 pulg(paquete de 10 und 130.00)	3	0.01
Disco de corte Dewalt 14"x3/32x1"	3	0.07
Chascosas metálicas de 7' pulg	4	0.02
Disco de corte de madera de 7/8"	2	0.02
Micas transparentes de vidrio para careta de soldar 2"x4 1/4"	25	0.03
Escobilla copa Twisted UYUSTOLS de 4"	4	0.01
Thinner	4	0.05
Cinta adhesiva doble cara extra fuerte 50 mm 2.5 metros	3	0.00
Cinta adhesiva doble cara extra fuerte 25 mm 2.5 metros	3	0.00
Escobilla metálica	3	0.01
Escobilla redonda metálica Twisted de 5" UYUSTOOLS	3	0.01
Tiza de calderero	19	0.03
Chascosas metálicas de 4'5 pulg	4	0.01
Piedra para molodora de banco	2	0.01
Lijas N100	9	0.01
Pulidor	3	0.01
Micas transparentes de plástico Coverlens-Clear MSA 791933	10	0.01
Lijas N60	9	0.01
Lijas N40	9	0.01
Lijas N80	9	0.01
Cinta de teflón	4	0.00
Total		5.66

Fuente: elaboración propia

La tabla 19 muestra el requerimiento de metros cuadrados según el nivel medio de stock hallado con método EOQ. Debido a que se requiere conocer también el espacio disponible en las estanterías se presenta en la tabla 20 esta información.

Tabla 20. Capacidad total de estanterías (m²)

Capacidad total de estanterías				
Cantidad	Medidas			Área total disponible (m2)
	Largo (m)	ancho (m)	Área (m²)	
2	2.5	0.5	1.25	10
2	1.5	0.45	0.675	5.4
1	1.1	0.4	0.44	1.76
Total				17.16

Fuente: elaboración propia a base de datos proporcionados por la empresa.

Se evalúa la nueva distribución de las estanterías dentro del espacio del almacén de modo que se tome todo el espacio disponible de las estanterías, y resulta como indica a figura 42.

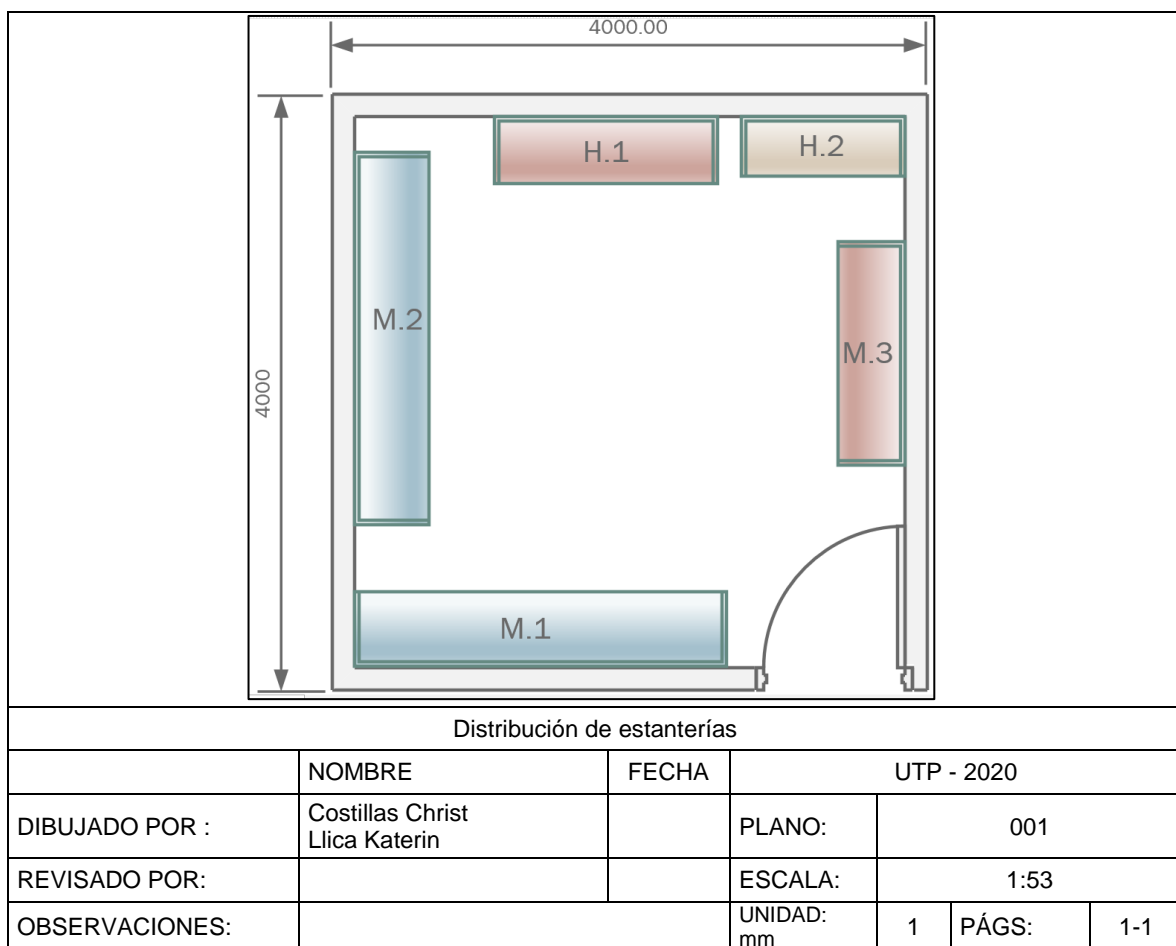


Figura 42. Distribución y etiquetas de estanterías en el almacén.

Se clasifica las estanterías, teniendo en cuenta la clasificación ABC de los materiales, se le otorga un código a cada tipo de material para ser ubicados en cada estantería

y respectivo nivel de estantería. En la siguiente tabla se presentan los códigos cada material y su ubicación en las estanterías

Tabla 21. Codificación y ubicación de materiales en estanterías

Artículo - referencia	Clasificación ABC	Estantería	Código
Alambre para soldadura 1.8 (rollo de alambre por 15 kg sin gas - mig)	A	M1	AS-1.8
Alambre para soldadura 1.2 (rollo de alambre por 15 kg)	A	M1	AS-1.2
Alambre para soldadura 1.6 (rollo de alambre por 15 kg)	B	M1	AS-1.6
Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Dewalt	B	M1	DC-D-7x1/8x7/8
Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Norton	B	M1	DC-N-7x1/8x7/8
Disco de desbaste de 7"x1/16"x7/8" Northon	C	M2	DD-N-7x1/16x7/8
Disco de desbaste de 7"x1/16"x7/8" Dewalt	C	M2	DD-D-7x1/16x7/8
Disco de desbaste de 4 1/2"x1/4"x7/8" Dewalt	C	M2	DD-D-4 1/2x1/4x7/8
Disco de desbaste de 7"x1/16"x7/8" Bosch	C	M2	DD-B-7x1/16x7/8
Electrodos para soldar Supercito E7018	C	M2	ES-S-E7018
Electrodos para soldar Cellocord E6011	C	M2	ES-C-E6011
Disco de desbaste de 7"x1/16"x7/8" Abralit	C	M2	DD-A-7x1/16x7/8
Disco de corte de 4 1/2"x0.04x7/8" Bosch (caja de 25 und 76.00)	C	M2	DC-B-4 1/2x0.04x7.8
Caretas para esmerilar	C	M2	CE
Discos de polifan de 7' pulg	C	M2	DP-7
Electrodos para soldar E7018 Bohler (paquete de 25 und)	C	M2	ES-B-E7018
Electrodos de carbón (arclair) paquete de 25 und	C	M2	EC-A
Esmalte epóxido	C	M2	EE
Electrodos para soldar Oerlikon Inox AW (lata 35 und)	C	M2	ES-O
Esmalte sintético	C	M2	ES
Micas oscuras de vidrio para careta de soldar 2"x4 1/4 shade #12	C	M2	MOVS-12
Micas oscuras de vidrio para careta de soldar 2"x4 1/4 shade #11	C	M2	MOVS-11
Micas oscuras de vidrio para careta de soldar 2"x4 1/4 shade #10	C	M2	MOVS-10

Disco de corte de 14"x7/64x1"Norton	C	M2	DC-N-14x7/64x1
Escobilla redonda metálica de 7"	C	M2	ERM-7
Discos de polifan de 4 1/2 pulg(paquete de 10 und 130.00)	C	M2	DP-4 1/2
Disco de corte Dewalt 14"x3/32x1"	C	M2	DC-D-14x3/32x1
Chascosas metálicas de 7' pulg	C	M2	CM-7
Disco de corte de madera de 7/8"	C	M2	DM-7.8
Micas transparentes de vidrio para careta de soldar 2"x4 1/4"	C	M2	MTVS-2X4 1/4
Escobilla copa Twisted UYUSTOLS de 4"	C	M2	ECT-U-4
Thinner	C	M2	thinner
Cinta adhesiva doble cara extra fuerte 50 mm 2.5 metros	C	M3	CA2F-50
Cinta adhesiva doble cara extra fuerte 25 mm 2.5 metros	C	M3	CA2F-25
Escobilla metálica	C	M3	EM
Escobilla redonda metálica Twisted de 5" UYUSTOOLS	C	M3	ERMT-U-4
Tiza de calderero	C	M3	Tiza de calderero
Chascosas metálicas de 4'5 pulg	C	M3	CM-4.5
Piedra para molodora de banco	C	M3	PMB
Lijas N100	C	M3	L-N100
Pulidor	C	M3	pulidor
Micas transparentes de plástico Coverlens-Clear MSA 791933	C	M3	MTP-C-MSA791933
Lijas N60	C	M3	L-N60
Lijas N40	C	M3	L-N40
Lijas N80	C	M3	L-N80
Cinta de teflón	C	M3	CT

Fuente. Elaboración propia

La ubicación de los materiales en cada estantería se hizo de acuerdo a la importancia de los materiales y teniendo en cuenta las máquinas en las que se consumen, por ejemplo, cerca de los discos de corte, deben ubicarse los esmeriles.

Se tiene en cuenta también que los materiales más pesados deben ir en el nivel 1 y 2 de las estanterías por el riesgo que representan si se caen.

Las estanterías H1 y H2, que no se mencionan en la tabla 21 deben ser utilizadas para herramientas.

Las figuras 43, 44 y 45 muestran la distribución física de los materiales dentro de las estanterías M.1, M.2 y M.3

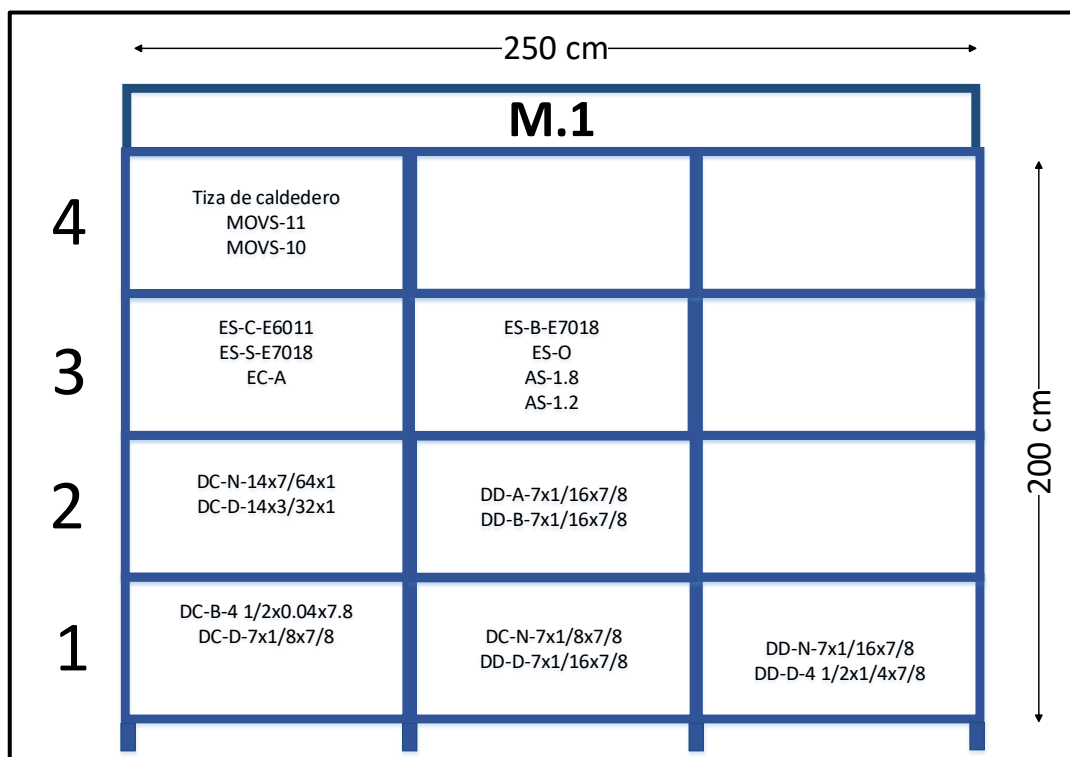


Figura 43. Disposición de materiales en estantería M.1

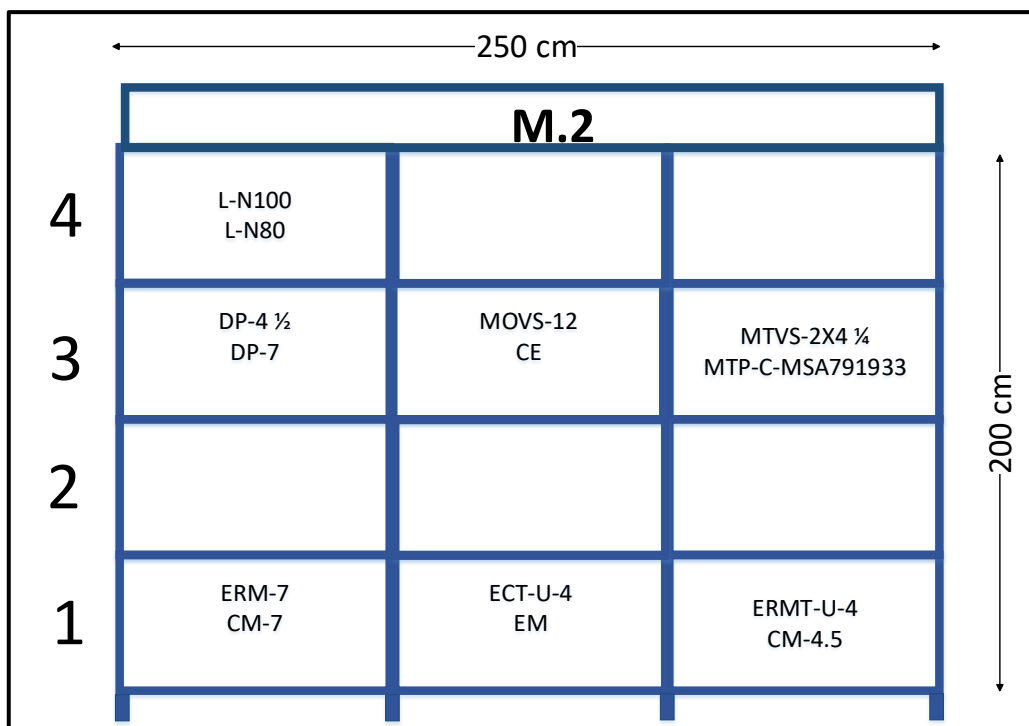


Figura 44. Disposición de materiales en estantería M.2

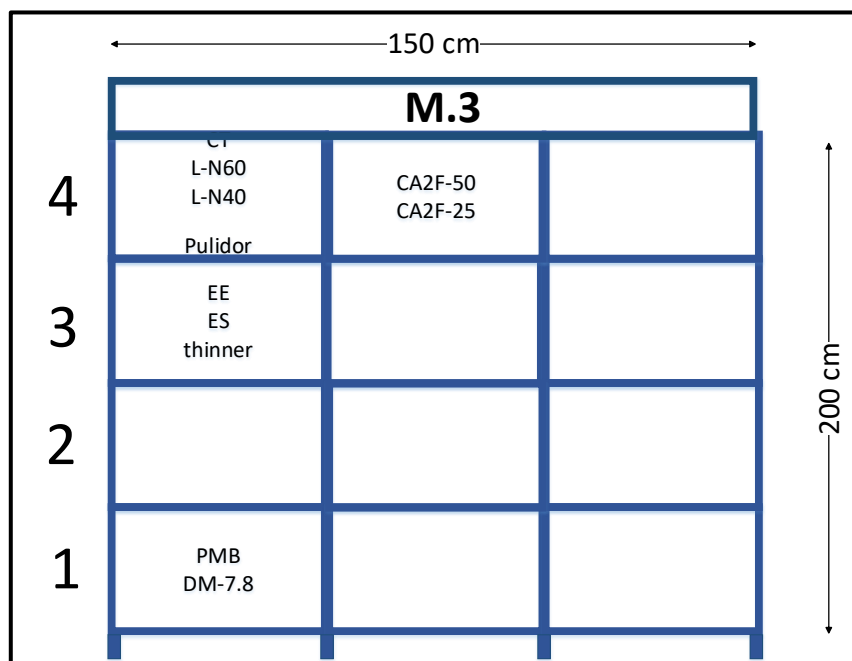


Figura 45. Disposición de materiales en estantería M.3

El propósito de ordenar de esta manera, es que los materiales más pesados vayan en la parte baja y que las maquinas que consumen los materiales, estén cerca de estos para que sea más fácil encontrarlos, y del mismo modo porque son pesados deben ir

en niveles de las estanterías más cercanas al suelo, por el riesgo de que puedan caerse en el pie de los trabajadores, por ello en las figuras se muestran lugares vacíos los cuales se recomiendan para ubicar las herramientas que tengan más relación con los materiales que se encuentran en cada estantería.

CAPITULO 6

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con la mejora se logra la reducción de costos en el proceso de abastecimiento y el costo general de gestión de inventarios, así como la disminución del tiempo de la gestión de inventarios

6.1. Evaluación de costos

El costo de gestión de inventario se reduce fundamentalmente por el costo por pedido y el número de órdenes que se hacen en el año planteado por el EOQ.

6.1.1.Reducción de costo de gestión de inventarios por la implementación del método EOQ

En primer lugar, los costos de cada orden de materiales se reducen de S/92.08 a S/47.17, tal como se muestran en las tablas 22 y 23, esto equivale a una reducción del costo de orden en un 48.8%.

Tabla 22. Costo por orden de pedido antes de la propuesta

Costo por orden de pedido (S/)	
Costo de movilidad total (S/)	36.92
Costo por horas hombre (S/)	55.16
Total	92.08

Fuente: elaboración propia

Tabla 23. Costo por orden de pedido después de la propuesta

Costo por orden	
Costo de movilidad total (S/)	19.36
Costo por horas hombre (S/)	27.81
Total	47.17

Fuente: elaboración propia

Los costos de ordenar el pedido y costo por el área que ocupan en almacén de los materiales críticos se pueden diferenciar

Tabla 24. Comparación de la actual y la propuesta gestión de inventarios

Modelo de gestión	Actual		Propuesta	
Artículo - referencia	Costo de ordenar pedido anual (s/.)	Costo de área de almacén anual (s/)	Costo de ordenar pedido anual (s/.)	Costo de área de almacén anual (S/)
Alambre para soldadura 1.8 (rollo de alambre por 15 kg sin gas - mig)	487.18	1266.84	170.54	813.29
Alambre para soldadura 1.2 (rollo de alambre por 15 kg)	506.57	1285.20	177.33	863.35
Alambre para soldadura 1.6 (rollo de alambre por 15 kg)	505.63	1285.20	177.00	862.81
Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Dewalt	381.82	289.68	133.66	194.64
Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Norton	381.82	289.68	133.66	274.50

Fuente: elaboración propia

Ya que el EOQ arroja compras cada 9 nuevos días, debido a que los materiales críticos así lo requieren, se establecen 41 pedidos al año, lo que sirve para comparar el costo del antiguo modelo y la propuesta de orden de compra, tal como se observa en la tabla 25.

Tabla 25. Costo por orden de pedido actual y propuesto

Modelo de gestión de compras	Tipo de modelo	Ordenes al año	Costo por orden (S/)	Costo anual de abastecimiento (S/)
Compras hechas solo cuando llega un pedido	Antiguo	60	92.08	5,524.80
Gestión de compras basado en el modelo EOQ	Propuesto	41	47.17	1,933.97

Fuente: elaboración propia

De la tabla 25 se desprende que, si hubiera rotura de stock debido a que la empresa no emplea la propuesta en base al modelo EOQ, podría perder hasta S/3,590.83.

6.2. Evaluación de la mejora del proceso de abastecimiento

En la figura 46 se presenta un análisis de nuestra propuesta de proceso de abastecimiento

La figura 46 muestra las nuevas operaciones, el nuevo tiempo y el nuevo recorrido que debe hacerse durante el abastecimiento de materiales. Como se observa, la cotización y orden de compra hechas por vía electrónica, teniendo establecido proveedores fijos, hace que el recorrido disminuya por lo que también el tiempo designado para este proceso disminuya.

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO									
Producto: Abastecimiento de materiales					Área: logística			<div><div>●</div> Transformación</div> <div><div>➡</div> Transporte</div> <div><div>●</div> Espera</div> <div><div>■</div> Control</div> <div><div>▼</div> Stock</div>	
Pieza: Ítems (variedades de suministro)					Fecha: 10/02/2020				
N°	Descripción	Símbolos					Datos		Observaciones
		<div>●</div>	<div>➡</div>	<div>●</div>	<div>■</div>	<div>▼</div>	Tiempo (horas)	Distancia (m)	
1	Recepción de pedido	●					0.17		El pedido es aquel servicio de construcción d e estructuras
2	Revisión de existencias en almacén					●	0.25		El asistente de logística se apoya del kardex y el registro de entradas y salidas para esta revisión
3	Determinación de requerimiento	●					0.25		
4	Cotización	●					0.50		
5	Definición y envío de orden de compra	●					0.25		El proveedor y el encargado de recoger el pedido reciben una copia de la orden de compra
6	Proveedores preparan el pedido de materiales			●			27.67		Los proveedores preparan los materiales del pedido de la empresa
7	Planeación del recojo de los materiales	●					0.08		El asistente de logística planea su ida a la tienda del proveedor
8	Desplazamiento hacia los proveedores		●				1.00	8,800	Distancia desde la empresa hasta la tienda de los proveedores
9	Verificación de calidad y cantidad correctas			●			0.50		
10	Levantameinto de los materiales a la camioneta	●					0.33		
11	Traslado de materiales a la empresa		●				1.00	8,800	Distancia desde el centro de proveedores hasta la empresa
12	Descarga de materiales	●					0.67		
13	Registro de materiales y ubicación en estanterías	●					0.50		Se utiliza el kardex
	TOTAL	11	2	1	1	0	33.17	17,600	

Figura 46. Diagrama de análisis del proceso de abastecimiento propuesto

Fuente: elaboración propia

Por lo que se puede concluir que este proceso se reduce en 2.83 horas, es decir, en 7.9%, que se ve reflejado también en la reducción de costos presentados en el punto anterior

CONCLUSIONES

- Con esta investigación se logra una mejora de la gestión de inventarios de la empresa metal mecánica dedicada a la fabricación y mantenimiento industrial aplicando el modelo EOQ para los materiales críticos de los grupos A y B, establecidos mediante una clasificación ABC. Se establece un punto de reorden para cada material crítico y un tiempo entre pedidos de 9 días, resultando en una disminución del gasto anual de abastecimiento por un total de S/3,590.83. Por otro lado, se hace un mejoramiento de la gestión mediante la distribución óptima de los materiales dentro del depósito logrando una recuperación de 1.03 m² y la recuperación de un costo de oportunidad de S/100.63 por año.
- La empresa actualmente incurre en costos innecesarios de abastecimiento, primero porque con su sistema de abastecimiento actual los gastos de movilidad son mayores a los 40 soles por cada pedido y por el gasto en personal encargado de 12.5 soles por hora, haciendo un total de 92.08 soles por gestionar un solo pedido. Hacen pedidos al alrededor de 60 veces al año, generando mayores costos. Existen también costos por mantener inventario inservible dentro del almacén de 20 soles mensuales, estos materiales son insumos malogrados, chancados o latas vacías y objetos innecesarios como pelotas de fútbol o papel higiénico. Todo esto pone a la empresa en una situación de vulnerabilidad y pérdida.

- El modelo EOQ propone que los tres primeros materiales críticos que son el Alambre para soldadura 1.8 (rollo de alambre por 5 kg sin gas - mig), el Alambre para soldadura 1.2 (rollo de alambre por 15 kg) y el Alambre para soldadura 1.6 (rollo de alambre por 15 kg), se deben pedir cada 9 días, una cantidad total de 19 rollos por cada material, cuando el inventario de estos materiales en el depósito llegue a 3 rollos; y para los dos últimos materiales del grupo B que se consideran también materiales críticos, los cuales son los discos de corte de 7"x1/8"x7/8" de las marcas Dewalt y Norton, se deben pedir cada 32 Y 15 días respectivamente, una cantidad total de 12 y 25 unidades respectivamente.
- La propuesta de gestión de inventario genera la disminución de S/3,590.83 en los costos anuales por gestión de abastecimiento, lo que es un 65%, además que por la gestión de almacenamiento se recupera un costo de oportunidad perdido de S/29.05 mensuales. La mejora también se mide por la disminución del tiempo que toma el proceso de abastecimiento ya que se disminuye en 2 horas y 50 minutos, es decir el tiempo se reduce en 7.9%.

RECOMENDACIONES

- La primera recomendación está dirigida a la empresa, ya que en esta investigación se propone un modelo de gestión de inventarios dirigida reducir costos mediante la implementación de una cantidad de pedido óptimo de los materiales y el uso de documentos de control que servirán para disminuir el riesgo de pérdidas y robos.
- Este modelo puede implementarse para cualquier empresa del sector metal mecánica que no tenga un modelo de gestión de inventario específico
- El análisis EOQ puede hacerse para cada producto de una empresa, para así poder hacer un plan de abastecimiento anual más exacto, que genere menos costos de abastecimiento y que disminuya la probabilidad de rotura de stock, lo que a su vez podría mejoraría la imagen de la empresa ante los clientes ya que no habría demoras en la entrega de sus pedidos.
- Se recomienda que, al implementar un nuevo modelo de gestión en una empresa, se haga jornadas de capacitación del personal, para que ellos sepan mantener el orden y seguir los procedimientos indicados.
- Las herramientas de control propuestas en esta investigación pueden ser de mejor utilidad si se plasman en un software y una base datos para tener un historial que pueda servir para un nuevo planteamiento de EOQ cuando la empresa crezca.

ANEXOS.

Anexo 1. Entrevista a trabajadores de la empresa

ENTREVISTA

1. ¿Existe un proceso definido de abastecimiento de materiales?
2. ¿Quién es el encargado de proporcionarle material necesario?
3. ¿Cómo y quién realiza el control y registro del ingreso / salida de los materiales?
4. ¿Existe personal a quien debe reportarle o documento donde debe registrar su consumo de materiales en los procesos que realiza?
5. ¿Existe un proceso definido de almacenamiento?
6. ¿Existe personal destinado al manejo del inventario en almacén?
7. ¿Conoce la forma adecuada de almacenar los materiales?
8. ¿La distribución del almacén le permite trabajar sin demoras?
9. ¿Considera que el ambiente destinado para guardar los materiales, los protege de la humedad, rayos solares y polvo?
10. ¿Existe lugares asignados para cada tipo de material en el almacén?
11. ¿Existe un manual de procedimientos?
12. ¿Se atiende de forma inmediata cualquier deterioro o quiebre de los materiales?
13. ¿Cómo influye la falta de señalización y seguridad al desempeño de su trabajo?
14. ¿Cada cuánto tiempo se hace limpieza en almacén?

Anexo 2. Modelo de Kardex

Logo	REGISTRO DE INVENTARIO								
	Producto:								
Nº Semana	ENTRADA			SALIDA			SALDO		
	Cantidad	Precio unitario	Total	Cantidad	Precio unitario	Total	Cantidad	Precio unitario	Total

Fuente: elaboración propia

Anexo 3. Modelo de hoja de registro de entradas y salidas de almacén

REGISTRO DE ENTRADAS Y SALIDAS							
ENCARGADO DE ALMACÉN:						FIRMA:	

Nº	DESCRIPCIÓN	U. MED.	CANTIDAD	FECHA	RESPONSABLE	FIRMA	OBSERVACIONES

Fuente: elaboración propia

Anexo 4. Modelo de hoja de requerimiento

[illegible]

Fuente: elaboración propia

Anexo 5. Modelo de orden de compra

ORDEN DE COMPRA		
DIRIGIDO A:		
SOLICITANTE:	FIRMA:	
ENCARGADO DE RECOJO:	FIRMA:	
FORMA DE PAGO:	FECHA DE PAGO:	
FECHA DE PEDIDO:		

Nº	DESCRIPCIÓN	U. MED.	CANTIDAD PEDIDA	CANTIDAD RECIBIDA	PRECIO	OBSERVACIONES

SUB TOTAL	
DESCUENTO()%	
BASE GRAVABLE	
IMPUESTO	
TOTAL	

AUTORIZADO POR (Nombre y firma)	PROVEEDOR	SOLICITADO POR(Nombre y firma)

Fuente: elaboración propia

Anexo 6. Cálculo de costo de almacenamiento

Hallados en base al costo de alquiler del local, 7 mil soles mensuales por 400 metros cuadrados de terreno. Utilizando una regla de proporción.

N°	Artículo – referencia	Metros cuadrados que ocupa	Costo de almacén unitario anual (S/)
1	Alambre para soldadura 1.8 (rollo de alambre por 15 kg sin gas - mig)	0.175	36.72
2	Alambre para soldadura 1.2 (rollo de alambre por 15 kg)	0.175	36.72
3	Alambre para soldadura 1.6 (rollo de alambre por 15 kg)	0.175	36.72
4	Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Dewalt	0.058	12.24
5	Disco de corte de 7"x1/8"x7/8" Norton	0.058	12.24
6	Disco de desbaste de 7"x1/16"x7/8" Northon	0.058	12.24
7	Disco de desbaste de 7"x1/16"x7/8" Dewalt	0.058	12.24
8	Disco de desbaste de 4 1/2"x1/4"x7/8" Dewalt	0.017	3.6
9	Disco de desbaste de 7"x1/16"x7/8" Bosch	0.058	12.24
10	Electrodos para soldar Supercito E7018	0.058	12.24
11	Electrodos para soldar Cellocord E6011	0.058	12.24
12	Disco de desbaste de 7"x1/16"x7/8" Abralit	0.058	12.24
13	Disco de corte de 4 1/2"x0.04x7/8" Bosch (caja de 25 und 76.00)	0.017	3.6
14	Caretas para esmerilar	0.007	1.53
15	Discos de polifan de 7' pulg	0.058	12.24
16	Electrodos para soldar E7018 Bohler (paquete de 25 und)	0.058	12.24
17	Electrodos de carbón (arair) paquete de 25 und	0.058	12.24
18	Esmalte epóxido	0.057	12
19	Electrodos para soldar Oerlikon Inox AW (lata 35 und)	0.058	12.24
20	Esmalte sintético	0.057	12
21	Micas oscuras de vidrio para careta de soldar 2"x4 1/4 shade #12	0.005	1
22	Micas oscuras de vidrio para careta de soldar 2"x4 1/4 shade #11	0.005	1
23	Micas oscuras de vidrio para careta de soldar 2"x4 1/4 shade #10	0.005	1
24	Disco de corte de 14"x7/64x1" Norton	0.117	24.48
25	Escobilla redonda metálica de 7"	0.029	6.12
26	Discos de polifan de 4 1/2 pulg(paquete de 10 und 130.00)	0.017	3.6
27	Disco de corte Dewalt 14"x3/32x1"	0.117	24.48
28	Chascosas metálicas de 7' pulg	0.019	4.08
29	Disco de corte de madera de 7/8"	0.058	12.24
30	Micas transparentes de vidrio para careta de soldar 2"x4 1/4"	0.005	1
31	Escobilla copa Twisted UYUSTOLS de 4"	0.011	2.4
32	Thinner	0.057	12
33	Cinta adhesiva doble cara extra fuerte 50 mm 2.5 metros	0.006	1.2
34	Cinta adhesiva doble cara extra fuerte 25 mm 2.5 metros	0.006	1.2
35	Escobilla metálica	0.011	2.4
36	Escobilla redonda metálica Twisted de 5" UYUSTOOLS	0.011	2.4

37	Tiza de calderero	0.007	1.4
38	Chascosas metálicas de 4'5 pulg	0.011	2.4
39	Piedra para moledora de banco	0.015	3.06
40	Lijas N100	0.004	0.75
41	Pulidor	0.007	1.4
42	Micas transparentes de plástico Coverlens-Clear MSA 791933	0.004	0.75
43	Lijas N60	0.004	0.75
44	Lijas N40	0.004	0.75
45	Lijas N80	0.004	0.75
46	Cinta de teflón	0.005	1

Anexo 7. Cálculo del costo por realizar un pedido

Actual

Costo por orden de pedido (S/)	
Costo de movilidad total (S/)	36.92
Costo por horas hombre (S/)	55.16
Total	92.08

Gerente	Trabajador
2400 sueldo	930 sueldo
192 horas de trabajo al mes	192 horas de trabajo al mes
12.5 soles por hora de trabajo	4.84 soles por hora de trabajo
3.25 horas de trabajo para hacer el pedido	3 horas de trabajo para hacer el pedido
40.63 total	14.53 total

Propuesta

Costo por orden	
Costo de movilidad total (S/)	19.36
Costo por horas hombre (S/)	27.81
Total	47.17

Asistente de logística	Gerente
930 sueldo	2400 sueldo
192 horas de trabajo al mes	192 horas de trabajo al mes
4.84 soles por hora de trabajo	12.50 soles por hora de trabajo
3.16 horas de trabajo para hacer el pedido	1 horas de trabajo para hacer el pedido
15.31 total	12.50 total

BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. D. PRODUCCION, *INDUSTRIAS DE ESTRUCTURAS METAL MECANICAS CRECIÓ 17.9% EN EL PRIMER CUATRIMESTRE DEL 2019*, LIMA, 2019.
- [2] L. Mareateguá, «Industria metal mecánica, motor del desarrollo,» *RPP noticias*, 14 febrero 2020.
- [3] A. Nail, Artist, *Propuesta de mejora para la gestión de inventarios de sociedad respuestos españa limitada*. [Art]. Universidad Austral de Chile, 2016.
- [4] V. Guamantica Iza, Artist, *Diseño del modelo de cantidad económico de pedido (EOQ) del inventario de la empresa General Motors del Ecuador*. [Art]. Universidad Tecnológica Equinoccial, 2013.
- [5] C. H. Madariaga Meza, Artist, *Optimización de la gestión de inventarios de Pinturas Barends mediante Teoría de Inventarios, para la reducción de quiebres de stock y la minimización de los costos de inventario..* [Art]. Universidad Austral de Chile, 2018.
- [6] E. Causado Rodríguez, «Modelo de inventarios para control económico de pedidos en empresa comercializadora de alimentos,» *Revista Ingenierías Universidad de Medellín* , vol. 14, nº 27, pp. 163-178, 2015.
- [7] J. Espinosa Peña, Artist, *Aplicación del modelo EOQ para el control de inventario de sociedades comerciales en el departamento de Risaralda*. [Art]. Universidad Libre Seccional Pereira, 2015.
- [8] C. Estrada, Artist, *Modelación de un sistema de inventarios multiproductos con descuentos incrementales*. [Art]. Universidad Nacional autónoma de Mexico , 2012.
- [9] E. A. Lara Sánchez, Artist, *Estrategias de negociación para la optimización de utilidades con una metodología de compra en Consorzio Macchine Utensili*. [Art]. Universidad Autónoma de Estado de México, 2018.
- [10] V. Avalos y A. López, Artists, *Modelo EOQ para reducir los costos de inventarios en la empresa Clasa S.A.C., Trujillo* 2018. [Art]. Universidad privada del Norte, 2018.
- [11] C. Lescano y S. Velásquez, Artists, *Sistema de gestión de inventarios basado en el modelo EOQ en la botica "SAN MATEO" S. A CASCAS*. [Art]. Universidad Privada Antenor Orrego, 2018.
- [12] A. Perez y M. Rodriguez, Artists, *Propuesta de un plan de requerimiento de materiales para disminuir los costos de inventario en la empresa "fabricaciones CJL S.A.C" de la ciudad de trujillo*, 2017. [Art]. Universidad Privada Antenor Orrego, 2017.

- [13] R. Barca y A. Gutierrez, Artists, *Propuesta de mejora de la gestión de inventarios para reducir costos operativos del almacén Chavimochic*. [Art]. Universidad privada del norte, 2017.
- [14] B. Lozada, Artist, *Implementación de políticas de gestión de inventarios en el almacén de repuestos de la empresa Interamericana Trujillo S.A., Trujillo 2018*. [Art]. Universidad Nacional de Trujillo, 2019.
- [15] E. Bermejo, Artist, *Implementación de la Gestión de Inventarios para mejorar la productividad del almacén en la empresa VMWARESIS S.A.C., Lima, 2016*. [Art]. Universidad Cesar Vallejo, 2017.
- [16] A. Calderón, Artist, *Propuesta de mejora en la gestión de inventarios para el almacén de insumos en una empresa de consumo masivo*. [Art]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2014.
- [17] E. A. Servellon, Artist, *Diseño de un sistema de gestión de inventarios para la reducción de costos logísticos de una empresa distribuidora*. [Art]. Universidad Nacional de Trujillo, 2019.
- [18] L. R. V. Villavicencio, Artist, *Implementación de una gestión de inventarios para mejorar el proceso de abastecimiento en la empresa R. Quiroga EIRL - Sullana*. [Art]. Universidad Nacional de Piura, 2015.
- [19] R. López, S. M. Garcia y M. J. Moreno, Artists, *Determinación de una política óptima de inventario para la mejora del proceso de ventas en empresa internacional de instrumental climatológico*. [Art]. Universidad San Ignacio de Loyola, 2019.
- [20] K. Y. Pantoja, Artist, *Propuesta de un sistema logístico de planificación de inventarios para aprovisionamiento de una Empresa Comercial Agropecuaria*. [Art]. Universidad Nacional de San Agustín, 2016.
- [21] J. A. Zapata, *Fundamentos de la gestión de inventarios*, Medellín: Editorial Esumer, 2014.
- [22] A. Cruz, *Gestión de inventarios*. COML0210, Málaga: IC editorial, 2017.
- [23] P. P. Meana, *Gestión de inventarios UF0476*, Madrid: Paraninfo S.A., 2017.
- [24] D. Bowersox, D. Closs y B. Cooper, *Administración y logística en la cadena de suministros*, México, D.F.: McGraw- Hill/Interamericana Editores, S.A., 2007.
- [25] R. Carro y D. González, Artists, *Gestión de stocks*. [Art]. Universidad Nacional de Mar del Plata, 2013.
- [26] J. Vermorel, «Quantitative Supply Chain,» enero 2012. [En línea]. Available: <https://www.lokad.com/es/nivel-de-servicio-definicion-y-formula>. [Último acceso: 22 enero 2020].
- [27] A. Ferrín Gutierrez, «Gestion de Stocks en la Logísticaa de Almacenes,» Fundación Confemetal, España, 2003.
- [28] L. E. Azaña Onton, «Aplicación del Sistema de Gestión de Almacén para mejorar la productividad del almacén de la empresa EISSA,» Universidad César Vallejo, Lima - Perú, 2017.
- [29] B. Salazar, «Ingeniería industrial online.com,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/pronostico-de-la-demanda/suavizacion-exponencial-doble/>. [Último acceso: febrero 2020].
- [30] M. Coquillat, «Linked in,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.linkedin.com/pulse/an%C3%A1lisis-monte-carlo-vs-hipercubo-latino-i-mario>. [Último acceso: febrero 2020].
- [31] K. Ishikawa, *Introducción al control de calidad*, Diaz de Santos, 1989.

[32] . P. Herrero, «Las 5 "M" como método para localizar la causa raíz de un problema,» [En línea]. Available: <https://www.sage.com/es-es/blog/las-5-m-como-metodo-para-localizar-la-causa-raiz-de-un-problema/>.